

JOANA BARBOSA PEDERNEIRAS

COMPORTAMENTO INICIAL DE QUATRO  
PROCEDÊNCIAS DE *CEDRELA FISSILIS* VELL,  
CULTIVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS  
DE NUTRIÇÃO COM FÓSFORO

Dissertação submetida à consideração da  
Comissão Examinadora, como requisito par-  
cial na obtenção do Título de "Mestre em  
Ciências — M.Sc.", no Curso de Pós-Gra-  
duação em Engenharia Florestal do Setor  
de Ciências Agrárias da Universidade Fe-  
deral do Paraná.

CURITIBA

1983



COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

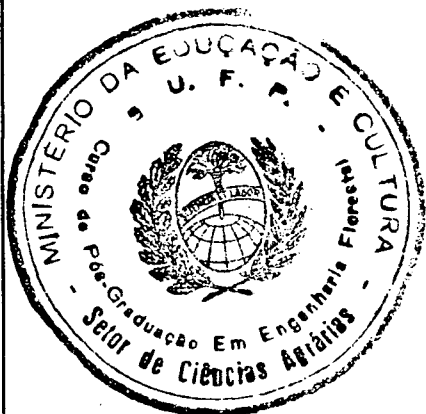
PARECER

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata JOANA APARECIDA BARBOSA PEDERNEIRAS, sob o título "COMPORTAMENTO INICIAL DE QUATRO PROCEDÊNCIA DE *Cedrela fissilis* VELL, CULTIVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE NUTRIÇÃO COM FÓSFORO" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais. Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 18 de março de 1983

Professor Franklin Galvão, M.Sc  
Primeiro Examinador

Professor Carlos Bruno Reissmann, DR.  
Segundo Examinador



Professor Mario Takao Inoue, DR.  
Presidente

A meus Pais

Para Mario

Leticia, Fernanda e Humberto

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Mario Takao Inoue pela orientação e sugestões.

Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann pela co-orientação e estímulo durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares pelas sugestões na análise estatística.

Ao Prof. Carlos Firkowski pela coleta e fornecimento das sementes.

Ao Prof. William Wendling pela atenção e apoio durante a análise dos dados.

A Eliezer Silva, Rubens Lourenço e Camila Terezinha Scrippe pela colaboração prestada durante a fase experimental.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição em Plantas do Setor de Ciências Agrárias da UFPR pela ajuda durante a realização das análises químicas.

À Bibliotecária e funcionários da Biblioteca do Setor de Ciências Agrárias da UFPR pela atenção e fornecimento de material bibliográfico e, em especial a Leocilêa Aparecida Vieira que além de orientação bibliográfica realizou os trabalhos de datilografia.

Aos colegas do Departamento de Botânica da UFPR, aos demais Professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR, funcionários e colegas de curso.

### BIOGRAFIA DA AUTORA

JOANA BARBOSA PEDERNEIRAS, nasceu a 28 de junho de 1946 em Muritinga-SP. De 1955 a 1965 realizou os cursos primário, ginásial e científico no Colégio Estadual de Londrina-PR. Graduiu-se em História Natural pela Universidade Federal do Paraná em 1970. De 1970 a 1975 lecionou Ciências e Biologia no Colégio Estadual do Paraná. Seu ingresso no Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná, ocorreu em 1972 como Auxiliar de Ensino. Desde 1980 é Professora Assistente no referido Departamento. Iniciou o Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná em março de 1977, optando pela área de concentração em Silvicultura.

## SUMÁRIO

	<u>LISTA DE FIGURAS</u> .....	vii
	<u>LISTA DE TABELAS</u> .....	ix
	<u>RESUMO</u> .....	xi
	<u>SUMMARY</u> .....	xii
1	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2	<u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	3
2.1	ASPECTOS NUTRICIONAIS .....	3
2.2	SUBSTRATO .....	4
2.3	O ELEMENTO FÓSFORO NAS PLANTAS .....	5
2.4	NUTRIÇÃO COM FÓSFORO .....	7
2.4.1	Interação do Fósforo com outros Elementos ....	10
2.5	INTERRELAÇÃO ENTRE ASPECTOS NUTRICIONAIS E DIFE- RENTES PROCEDÊNCIAS DE ESPÉCIES .....	13
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	15
3.1	ORIGEM DO MATERIAL .....	15
3.1.1	Localização das Áreas de Coletas das Sementes.	15
3.2	LOCAL DO EXPERIMENTO .....	16
3.3	CULTIVO DAS MUDAS .....	18
3.4	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA .....	20
3.4.1	Altura e Diâmetro do Colo.....	20
3.4.2	Área Foliar .....	20
3.4.3	Peso da Matéria Seca .....	20

3.5	ANÁLISE FOLIAR .....	20
3.6	DELINEAMENTO ESTATÍSTICO .....	21
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	23
4.1	EFEITOS DAS DOSAGENS CRESCENTES DO FÓSFORO SOBRE OS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO .....	23
4.1.1	Altura .....	23
4.1.2	Diâmetro do Colo .....	27
4.1.3	Área Foliar .....	30
4.1.4	Produção de Matéria Seca .....	32
4.2	ESTADO NUTRICIONAL DAS MUDAS .....	36
4.2.1	Efeito das Dosagens Crescentes de Fósforo so- bre o Teor de Macronutrientes .....	36
4.2.1.1	Conteúdo de Nitrogênio .....	36
4.2.1.2	Conteúdo de Fósforo .....	39
4.2.1.3	Conteúdo de Potássio .....	41
4.2.1.4	Conteúdo de Cálcio e Magnésio .....	43
4.2.2	Efeitos das Dosagens Crescentes de Fósforo so- bre os Micronutrientes Ferro, Cobre, Manganês e Zinco .....	46
4.3	ANÁLISE INTERPRETATIVA GLOBAL SOBRE O COMPORTA- MENTO DAS PROCEDÊNCIAS EM RELAÇÃO AO FÓSFORO E AOS PARÂMETROS ANALISADOS .....	52
5	<u>CONCLUSÕES</u> .....	55
5.1	EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E CON- TEÚDO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS .....	55
5.2	EM RELAÇÃO AS PROCEDÊNCIAS .....	56
	<u>APÊNDICE</u> .....	57
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	64

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição da altura das plantas de acordo com as procedências e dosagens de Fósforo...	26
Figura 2	Distribuição do diâmetro de colo das plantas de acordo com as procedências e dosagens de Fósforo .....	29
Figura 3	Distribuição da área foliar das plantas de acordo com as procedências e dosagens de Fósforo .....	31
Figura 4	Distribuição do peso total das plantas de acordo com as procedências e dosagens de Fósforo .....	33
Figura 5	Conteúdo de N foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	40
Figura 6	Conteúdo de P foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	40
Figura 7	Conteúdo de K foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	42



Figura 8	Conteúdo de Ca foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	45
Figura 9	Conteúdo de Mg foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	45
Figura 10	Conteúdo de Fe foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	48
Figura 11	Conteúdo de Cu foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	50
Figura 12	Conteúdo de Zn foliar das 4 procedências de <i>Cedrela fissilis</i> em função das diferentes dosagens de P no substrato .....	51

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	DADOS CLIMÁTICOS E GEOGRÁFICOS DAS ÁREAS DE COLETA .....	16
TABELA 2.	DADOS METEOROLÓGICOS NO LOCAL DO ENSAIO .....	17
TABELA 3.	COMPOSIÇÃO DAS SOLUÇÕES COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO .....	19
TABELA 4.	VALORES DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ANALISADOS E AS DOSAGENS DE FÓSFORO PARA <i>Cedrela fissilis</i> .....	24
TABELA 5.	VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS: ALTURA, DIÂMETRO DO COLO E ÁREA FOLIAR, DE ACORDO COM AS DOSAGENS DE FÓSFORO FORNECIDAS PARA QUATRO PROCEDÊNCIAS .....	25
TABELA 6.	VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS: PESO SECO AÉREO, PESO SECO RADICULAR, PESO SECO TOTAL E RELAÇÃO RAIZ/PARTE AÉREA DE ACORDO COM AS DOSAGENS DE FÓSFORO FORNECIDAS PARA QUATRO PROCEDÊNCIAS .....	35
TABELA 7.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR (MACRONUTRIENTES) DAS DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DE <i>Cedrela fissilis</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS COM FÓSFORO NO SUBSTRATO .....	37

TABELA 8.	CORRELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES FOLIARES E TRATAMENTOS COM FÓSFORO, DE ACORDO COM QUATRO PROCEDÊNCIAS DE <i>Cedrela fissilis</i> .....	38
TABELA 9.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR (MICRONUTRIENTES) DAS DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DE <i>Cedrela fissilis</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS COM FÓSFORO NO SUBSTRATO .....	47
TABELA 10.	DIFERENÇAS PERCENTUAIS ENTRE OS VALORES DOS PARÂMETROS EM RELAÇÃO AS DOSAGENS DE P, PARA TODAS AS PROCEDÊNCIAS .....	53
TABELA 11.	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CRESCIMENTO EM ALTURA .....	58
TABELA 12.	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIÂMETRO DE COLO ...	59
TABELA 13.	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA FOLIAR .....	60
TABELA 14.	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PESO SECO TOTAL ....	61
TABELA 15.	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PESO SECO AÉREO ....	62
TABELA 16.	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PESO RADICULAR .....	63

## RESUMO

Plantas jovens de *Cedrela fissilis* Vell. de quatro procedências (Telêmaco Borba-PR; Xanxerê-SC; Santa Cruz do Monte Castelo-PR e Laranjeiras do Sul-PR) foram estudadas com a finalidade de verificar o seu comportamento em relação às dosagens crescentes de Fósforo (P). As mudas foram cultivadas em recipientes individuais, preenchidos com uma mistura de areia e vermiculite (2:1) e mantidos em condições de viveiro durante 54 semanas. As plantas receberam mensalmente soluções nutritivas com diferentes concentrações de P, ou seja, 20, 40, 80 e 160 ppm, sendo que os níveis dos outros nutrientes foram mantidos constantes. Os parâmetros analisados foram: altura, crescimento em diâmetro do colo, produção de matéria seca, área foliar e estado nutricional das mudas. A análise estatística mostrou correlação significativa e positiva entre as dosagens com P e o comportamento das plantas, para a maioria dos parâmetros. As procedências diferiram significativamente quanto à produção de matéria seca e crescimento em diâmetro. O conteúdo foliar do P, Mg e Fe aumentou com o acréscimo da dosagem de P, enquanto o de K e Cu diminuiu. Por outro lado, os teores de N e C foram pouco influenciados pelos tratamentos com P. Considerando a percentagem de aumento relativo, as procedências B (Xanxerê-SC) e C (Santa Cruz do Monte Castelo-PR) mostraram-se menos exigentes em P para maior produção de matéria seca.

## SUMMARY

Seedlings of *Cedrela fissilis* Vell. from four different places (Telêmaco Borba, Santa Cruz do Monte Castelo, Laranjeiras do Sul, Paraná and Xanxerê, Santa Catarina) were studied in order to verify their behavior in relation to crescent doses of phosphorus (P). The seedlings were cultivated in sand-vermiculite (2:1) substrate, under nursery condition, during fifty-four weeks. The plants has been monthly irrigated with nutrient solutions at four differents concentrations of P, as say, 20, 40, 80 and 160 ppm. The level of other nutrient were kept constant. Height, growth in diameter, dry matter production, foliar area and nutritional conditions were analyzed. Positive correlation between phosphorus concentrations and plant responses for the majority on the parameters was observed. Plants from different localities differed significatively in relation to dry matter production and in diameter growth. The P, Mg and Fe foliar contents increases with crescent concentrations of P, while the amount of K and Cu decreases. On other hand, the amount of N and Ca was little influenced. The plants from Xanxerê and Santa Cruz do Monte Castelo required less P concentrations to produce larger amount of dry matter.

## 1 INTRODUÇÃO

O cedro é uma das espécies nativas potencialmente indicadas para reflorestamento devido as suas qualidades silviculturais e tecnológicas. Sua madeira é de uso generalizado apresentando múltiplas propriedades. É empregada em compensados, móveis em geral, na construção civil, naval e na aeronáutica (REITZ *et al.*<sup>59</sup>).

No entanto, a falta de conhecimento sobre a auto-ecologia juntamente com o ataque do lepdóptero *Hypsypila grandella* Zell, tem sido considerada como causa principal do insucesso nas tentativas de reflorestamento com essa espécie. Deve-se ressaltar a importância de estudos sobre os aspectos nutricionais do cedro, com a finalidade de se obter plantas mais resistentes ao ataque da praga uma vez que, segundo VEGA<sup>68</sup>, uma recuperação mais rápida ao ataque, está estreitamente associado às condições fisiológicas das plantas.

Nas regiões tropicais e sub-tropicais, como acontece no Brasil, o Fósforo é o elemento cuja falta no solo limita com maior freqüência a produção das culturas anuais. Em 90% das análises de terra feita no País, encontrou-se baixos teores de Fósforo disponível, isto é teores menores de 10 ppm (MALAVOLTA<sup>48</sup>). Esse fato, evidencia a necessidade de conhecimentos básicos sobre o comportamento das espécies nativas em relação a dispo-

nibilidade desse elemento, uma vez que, para as culturas florestais são reservados os solos marginais.

Considerando a importância da nutrição com Fósforo como contribuição aos conhecimentos ecofisiológicos do cedro, o presente trabalho objetiva:

1. estudar o comportamento do crescimento e estado nutricional das mudas cultivadas sob diferentes dosagens de Fósforo;
2. verificar e detectar possíveis diferenças entre quatro origens de cedro quanto à exigência em Fósforo;
3. fornecer subsídios quanto a produção de mudas sob regime de adubação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS NUTRICIONAIS

A nutrição mineral de espécies florestais tem sido examinada sob vários aspectos. Segundo DRIESSCHE & WARING<sup>20</sup>, para o estudo da eficiência do uso de nutrientes minerais das diferentes espécies, é fundamental considerar os seguintes pontos básicos:

- a) o suprimento externo de nutrientes adequado para se obter um crescimento máximo;
- b) a eficiência com que os nutrientes são utilizados para a produção de uma unidade de matéria seca;
- c) a exigência nutricional da planta, durante um determinado período, que dependerá da concentração de nutrientes no tecido e da taxa de crescimento da planta.

DRIESSCHE<sup>23</sup> e BHATNAGAR<sup>9</sup> salientam a necessidade de maiores conhecimentos sobre a exigência mineral das espécies florestais e dos distúrbios nutricionais que limitam o seu desenvolvimento. Afirmam que a comparação do crescimento das mudas, sob diferentes níveis de nutrição mineral, tem grande valor como indicador de produtividade sob diferentes condições de fertilidade de solo, bem como da influência da nutrição mineral sobre a produção de matéria seca em árvores florestais.



## 2.2 SUBSTRATO

A cultura em água, onde as raízes são submersas numa solução de nutrientes, usada como substrato para experimento sobre nutrição mineral, tem apresentado melhores resultados do que o uso do solo. Por outro lado, a utilização de um substrato neutro como areia, cascalho, etc, é generalizada pelas suas vantagens sobre esses outros meios de cultura. A areia pura, quando usada como substrato, requer que a solução de nutrientes seja aplicada freqüentemente, uma vez que apresenta uma baixa capacidade de retenção de água e baixa capacidade de troca. A vermiculite é freqüentemente misturada com areia ou cascalho, devido à sua alta capacidade de retenção de água e de troca, fazendo com que diminua a freqüência da aplicação da solução. A capacidade de retenção drenagem, aeração, são características do meio que variam com as necessidades das diferentes espécies de plantas (DOWNS & HELLMER<sup>19</sup>).

Para BELANGER & BRISCOE<sup>8</sup>, provavelmente existe uma combinação ótima de nutrientes para cada espécie. No entanto, a pesquisa dessa combinação no solo torna-se um tanto complicada devido a flutuação dos níveis com o tempo e pela variedade de interações dos nutrientes do solo, com os fertilizantes aplicados. Uma forma de minimizar estas complicações é desenvolver as mudas num meio essencialmente neutro, suprindo os nutrientes com uma reposição freqüente da solução.

De acordo com FASSBENDER<sup>27</sup>, devido às baixas concentrações em que se encontra disponível no solo e aos fenômenos de retenção, o Fósforo (P) é considerado um elemento duplamente

crítico. Podendo-se dizer que a retenção é maior nos solos argilosos ácidos, do que nos arenosos, neutros ou básicos.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI<sup>44</sup>, a prática de cultura em areia ou cascalho, constitui um aperfeiçoamento em comparação com culturas hidropônicas, por fornecerem um suporte e melhor aeração para o sistema radicular das plantas.

Os resultados obtidos nos experimentos de cultura em areia, podem ser usados para o relacionamento entre os nutrientes e desenvolvimento das mudas no solo. Contudo, características das plantas de cultura em areia podem ser alteradas por fatores independentes da relação entre produção e suprimento de nutrientes. Por exemplo, mesmo em casa de vegetação a caracterização da solução e o método de irrigação podem influenciar os resultados (HEWITT<sup>37</sup>).

### 2.3 O ELEMENTO FÓSFORO NAS PLANTAS

Com exceção talvez do Nitrogênio, nenhum elemento faz tanta falta ao crescimento das plantas quanto o P. A falta deste elemento poderá impedir a assimilação de outros nutrientes. Embora a quantidade total de P num solo mineral médio corresponda a do Nitrogênio, é muito menor do que a do Potássio e a do Magnésio. Um fato de grande importância é de que a maior parte do P existente nos solos em geral não é assimilável pelos vegetais, e mesmo quando adicionado em forma de fertilizante, é muitas vezes "fixado" ou torna-se indisponível, mesmo sob condições ideais (BUCKMAN & BRADI<sup>14</sup>).

Segundo SAUCHELLI<sup>60</sup> o P é considerado indispensável tanto para a vida das plantas como para a vida animal, tem

papel importante na divisão celular, na formação de gorduras, na germinação das sementes, floração e frutificação; enfim em todos os processos vitais das plantas. Sendo um elemento móvel dentro dos tecidos de plantas em desenvolvimento, é transferido de um órgão para outro, principalmente quando seu suprimento no solo é baixo, passando assim das folhas mais velhas para as mais novas. Para EPSTEIN<sup>26</sup>, o fosfato desempenha um papel chave no metabolismo energético, ocorrendo nos fosfolípidios, nos açúcares fosforilados, em vários nucleotídeos e coenzimas.

Em mudas de *Eucalyptus tereticornis* Smith, SINGH & SHARMA<sup>62</sup>, usando o fosfato radioativo como indicador nos estudos sobre absorção e retenção do P, constataram que a produção de matéria seca, bem como a retenção do P, aumentam com a idade e é maior durante o dia. Observaram também que o maior acúmulo de P se dá primeiro nas folhas, caule e raízes respectivamente.

Para TABER & McFEE<sup>66</sup>, a diferença no aumento da absorção e do transporte, quer em mudas sob níveis altos ou baixos de P, sugere que dois sistemas de carregadores estão agindo na raiz. Um seria responsável pela absorção através das membranas da raiz e acúmulo no vacúolo, enquanto que o outro pelo transporte lateral para o tecido xilemático e subsequente transporte para o local.

Através do P radioativo ( $P^{32}$ ) SAUCHELLI<sup>60</sup> verificou que em plantas imaturas, o P tende a se acumular no caule, na ponta da raiz, nos feixes vasculares, em todas as partes de rápido crescimento e que nos frutos há uma grande quantidade de P sob forma orgânica.

## 2.4 NUTRIÇÃO COM FÓSFORO

ASHER & LONERAGAN<sup>3</sup>, afirmaram que, em geral, as diferenças na concentração de P apresentadas pelas plantas quando cultivadas em solo e em cultura de solução, são parcialmente explicadas pelas dificuldades técnicas encontradas ao tentar manter uma baixa concentração de P na solução. Por outro lado, salientaram as diferenças apresentadas pelas espécies, quanto à absorção e utilização do P.

Em experimentos com adubação de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, BRANDI<sup>12</sup> constatou que o P foi o elemento que contribuiu de forma mais efetiva no desenvolvimento das plantas, tanto na fase de viveiro, como na fase de campo, afirmando que bons resultados poderiam ser obtidos pela aplicação somente desse elemento.

Diferentes respostas em relação ao P foram encontrados por DRIESSCHE & WARING<sup>20</sup>, para três espécies de *Pinus*. Para *P. radiata* D. Don. o requerimento para um bom desenvolvimento foi menor que o de *P. contorta* Dougl. e *P. nigra* Arnold. Como não foi detectada menor concentração desse elemento nos tecidos do *P. radiata*, este fato poderia ser explicado pela maior eficiência dessa espécie na absorção do P às baixas concentrações.

DRIESSCHE<sup>21</sup>, observou que o aumento da dosagem de P acima de 15 ppm, resultou num aumento significativo na taxa de crescimento relativo das espécies de *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. e *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. No entanto, à níveis de 1,5-5 ppm de P, a taxa de crescimento relativo para *Pseudotsuga* foi significativamente maior.

De acordo com LONERAGAN & ASHER<sup>46</sup> espécies anuais de pastagens tratadas com diferentes dosagens de P, quando em condições ótimas de desenvolvimento, apresentaram-se semelhantes em relação a eficiência na utilização do P. Entretanto, quando o crescimento foi limitado pelo suprimento de P, diferenças substanciais foram observadas entre elas. A maior produção de matéria seca foi obtida com níveis baixos de P, com aumento das concentrações mais fóstato foi absorvido, porém menor quantidade de matéria seca foi produzida para cada unidade adicional de P.

SIMÕES<sup>63</sup> verificou que as omissões de P causam sérios prejuízos ao desenvolvimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. limitando o crescimento e provocando crestamento e morte das folhas e ramos. Segundo INOUE<sup>42</sup> mudas de *Cedrela fissilis* Vell. e *Cedrela odorata* L. apresentaram danos na morfologia, crescimento e produção de matéria seca, quando submetidas a forte deficiência de fósforo no substrato. Constatando também que o aumento na produção total de matéria seca foi proporcional ao aumento da concentração de fósforo na solução.

LOWELL & KRAUS<sup>32</sup>, comparando a concentração de P foliar do *Pinus taeda* L. e *Pinus virginiana* Mill. em casa de vegetação e em condições de campo, observaram que o melhor desenvolvimento das mudas sob condições controladas foi obtido com concentração de 0,14 a 0,18% de P, enquanto que para as plantas em condições naturais foi de 0,08 a 0,17%.

Em cultura em areia, BHATNAGAR et al.<sup>9</sup> demonstraram com mudas de *Tectona grandis* L., que os níveis 680 e 450 mg/planta de P foram ótimos para o desenvolvimento da espécie, sendo

que a alta disponibilidade de fósforo e nitrogênio na solução de cultura aumentou a absorção desses elementos, bem como a do Ca e Mg.

Em cultura hidropônica com mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, LACEY et al.<sup>45</sup>, aumentando o suprimento de P, numa variação entre suficiência e insuficiência de P. obtiveram significativos aumentos no crescimento das mudas e na absorção do N, P e K. Os aumentos desses elementos na planta, como resultado dos acréscimos de P em suprimentos relativamente baixos, podem ser atribuídos à absorção e acúmulo metabólico nas células de crescimento ativo, combinados com índices relativamente altos de mobilidade e circulação dentro da planta. Segundo BARBER<sup>5</sup>, isto foi demonstrado pela maior concentração desses elementos nas regiões de crescimento ativo da planta, como folhagem e raízes, comparados aos componentes do tecido do caule.

De acordo com LONERAGAN & ASHER<sup>46</sup>, uma vez que a taxa máxima de crescimento de uma dada espécie, sob determinadas condições, tenha sido alcançada, novos aumentos podem ser esperados, resultando num acúmulo de elemento à concentrações mais altas do que a necessária para o máximo desenvolvimento. Tais acúmulos podem não ter efeito no crescimento (consumo de luxo) como podem causar uma redução na taxa de crescimento devido a toxidez.

NEWNHAM & CARLISLE<sup>52</sup> observaram que para mudas de *Quercus robur* L. e *Q. petraea* (Mattuschka). Liebl, as diferentes concentrações de P não mostraram um efeito significativo como do N sobre a produção de peso seco. Porém, com dosagens

de 10,3 a 41,3 ppm de P houve uma tendência de aumento na produção de matéria seca.

#### 2.4.1 Interação do Fósforo com outros Elementos

HUSSAIN *et al.*<sup>39</sup> demonstraram para mudas de *Eucalyptus* híbrido que um adequado suprimento de nutrientes, especialmente N e P, é essencial para o bom desenvolvimento das plantas. Constataram também que o aumento do suprimento de um nutriente pode alterar o teor de um ou mais elementos, podendo ocorrer o antagonismo ou sinergismo entre eles.

DUMBROFF & MICHEL<sup>24</sup> e CANDIDO<sup>16</sup>, constataram que a interação entre o N e P apresentou maior influência sobre o desenvolvimento das mudas de *Pinus elliottii* Engelm e *Eucalyptus citriodora* Hook., do que àquela apresentada pela aplicação dos elementos separadamente.

A aplicação do N resulta freqüentemente numa diminuição do conteúdo do P nas folhas (FOWELLS & KRAUSS<sup>32</sup>; MacGEE<sup>50</sup>; DRIESSCHE & WAREING<sup>20</sup>). Segundo DUMBROFF & MICHEL<sup>24</sup> a interação entre N e P pode ser explicada pela repulsão dos íons  $PO_4$  devido ao aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) das raízes, pela competição aniônica ou ainda pelo efeito de diluição devido ao crescimento da planta, sendo que tais fatores podem ocorrer sozinhos ou em combinações.

Para TABER & MacFEE<sup>66</sup> o aumento da atividade metabólica devido ao estímulo de N produz uma exigência maior de P, o qual se desloca do caule para raiz quando o nível do P fornecido é baixo, e da raiz para o caule quando o nível do P é alto.

NEWNHAM & CARLISLE<sup>52</sup>, verificaram que, para mudas de *Quercus robur* L. e *Quercus petraea* (Mattuschka), Lieb., a diminuição do suprimento do N aparentemente aumenta a habilidade das plantas para absorver o P, quando este se encontra em pequena quantidade no substrato. Por outro lado, WAREING<sup>71</sup> observou que em mudas de *Pinus radiata* submetida a níveis baixos de P aplicado ou disponível, o conteúdo de P aumenta em função de altas doses de N, o que não acontece quando o nível do P disponível é maior.

Para *Pinus taeda* L. CARTEN & LARSEN<sup>18</sup> observaram que a interação entre N e P parece também ser aplicada ao conteúdo de nutrientes na seiva do xilema. A aplicação desses elementos juntos resultou numa maior retenção do P na raiz do que pela aplicação do P separadamente. Segundo VAN GOOR<sup>67</sup>, este não parece ser um caso de competição em relação a absorção, uma vez que a aplicação isolada de N não produziu efeito sobre o conteúdo de P na seiva.

A relação P e Mg tem sido bastante discutida. O Mg parece atuar como carregador do P na planta. Os primeiros investigadores, justificam este fato de forma a se esperar uma correlação positiva entre esses elementos nas plantas, ou então entre a eficiência de fertilizantes fosfatados e o suprimento de Mg disponível. Vários experimentos em campo têm demonstrado boa correlação entre esses elementos. De acordo com SAUCHELLI<sup>60</sup>, os agrônomos tem confirmado estas observações em outros tipos de culturas e diferentes tipos de solos, salientando a importância de um suprimento adequado de Mg disponível, a fim de promover uma utilização mais eficiente do P.



GYSI et al.<sup>35</sup> observaram que a absorção do P foi fortemente inibida pelo Cu e estimulada pelo Mn, em mudas de Sugar maple (*Acer*). Os efeitos diretos do Cu ou do Mn sobre a absorção do P, podem ter sido complicados por uma inibição recíproca de absorção entre Cu e Mn.

A interação de P e Zn tem sido estudada em muitos experimentos desde 1936. Em geral esta interação é caracterizada como uma deficiência do Zn causada pelo P e comumente associada com altos níveis de P disponível ou com a aplicação de P no solo. As possíveis causas dessa deficiência do Zn, estão resumidas em 4 tópicos:

- a interação do P e Zn,
- uma baixa taxa de translocação do Zn da raiz para a parte aérea,
- um simples efeito de diluição sobre a concentração do Zn, ou
- por um distúrbio metabólico dentro das células das plantas devido a um desequilíbrio entre o P e Zn, ou uma concentração excessiva do P interferindo com a função metabólica do Zn (OLSEN<sup>53</sup>).

BURLESON et al.<sup>15</sup> demonstrou em seu experimento que a fertilização com P em *Phaseolus vulgaris* reduziu o conteúdo do Zn foliar causando sérios sintomas de deficiência. Por outro lado o aumento do Zn diminuiu o conteúdo do P foliar. Resultados semelhantes foram encontrados por ELLIS et al.<sup>25</sup> e PAULSEN et al.<sup>55</sup>. Os resultados obtidos sugerem a possibilidade da reação de antagonismo P e Zn se dar na superfície da raiz ou dentro da planta.

WATANABE *et al.*<sup>73</sup>, constataram em seu trabalho que a adição de P provocou redução na concentração de Zn em todos os níveis de Zn usados. O declínio total do Zn com a adição do P a baixos suprimentos de Zn mostrou que o aumento de P pode interferir na utilização normal do Zn pela planta de *Zea mays* L. e *Phaseolus vulgaris*.

A redução do crescimento associado com altas concentrações de P, nas plantas tem sido demonstrado até agora em grande número de espécies. Em muitos casos, esta redução pode ser considerada como resultado de interferência de utilização de outros elementos. Entretanto, os sintomas apresentados pelas plantas à altas concentrações de P são completamente diferentes daqueles produzidos por deficiência de outros elementos com Fe e Zn. Neste caso a redução poderia ser atribuída a toxicidade pelo excesso do P (WARREN & BENZAIN<sup>72</sup>, REDISKE & BIDDULPH<sup>57</sup>).

## 2.5 INTERRELAÇÃO ENTRE ASPECTOS NUTRICIONAIS E DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DE ESPÉCIES

Diferenças nas concentrações dos nutrientes foliares entre procedências, progênies e clones de diversas coníferas foram relatadas por STEINBECK<sup>64</sup>; GERHOLD<sup>33</sup>; GIERTYCH & FARRAR<sup>34</sup>; MERGEN & WORRAL<sup>51</sup>; PRITCHETT & GODDARD<sup>56</sup>; DRIESSE<sup>22</sup>; WALKER & HATCHER<sup>69</sup>. Para MERGEN & WORRAL<sup>51</sup>, essas diferenças estariam relacionadas com a habilidade da planta em absorver minerais do substrato e a sua resposta em crescimento sob diferentes condições ambientais.

Segundo STEINBECK<sup>64</sup> a demonstração de diferenças na habilidade das procedências de *Pinus sylvestris* para acumular

nutrientes e o relacionamento entre níveis de nutrientes e crescimento, conduzem a uma linha de pesquisa ainda pouco explorada. Essas pesquisas poderão provavelmente conduzir à seleção de certos genótipos de espécies florestais, que são particularmente adaptadas a um determinado sítio, em relação ao acúmulo e utilização de nutrientes.

Para FORREST & OVINGTON<sup>31</sup>, as diferenças na absorção e acúmulo de nutrientes entre as procedências de *Pinus radiata* são de grande importância, visto que a baixa fertilidade em solos da Austrália é fator limitante para o crescimento dessa espécie.

FOBER & GIERTYCH<sup>30</sup> observaram que procedências de *Picea abies* (L.) Karst. sob dosagens crescentes de P apresentaram diferenças significativas em relação à altura, produção de matéria seca e conteúdo de Fósforo foliar, concluindo que o nível de P para o ótimo desenvolvimento das plantas, variou para as diferentes procedências.

MERGEN & WORRAL<sup>51</sup> encontraram em mudas de *Pinus banksiana* Lamb. correlações positivas entre a concentração de P a latitude e longitude do local de origem da semente. Para *Picea abies* (L.) Karts., KRAL\*, citado por FOBER & GIERTYCH<sup>30</sup>, verificou que mudas de procedências de maior altitude, apresentaram maior teor de Fósforo foliar. Esses resultados foram confirmados por FOBER & GIERTYCH<sup>30</sup>, em experimentos com a mesma espécie.

\*KRAL, F. Untersuchungen über den Nährstoffhaushalt von auf gleichen Standor erwachsenen Fichtenjungpflanzen in Abhängigkeit von ihrer Wuchsennergie und Herkunft. Cbl. ges. Forstw., v. 78, n. 1, p. 18-38, 1961.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ORIGEM DO MATERIAL

Sementes de *Cedrela fissilis* Vell foram coletadas em julho de 1980, de 12 árvores matrizes selecionadas por áreas de coleta observando-se uma distância mínima de aproximadamente 150 metros entre elas. Posteriormente, foram utilizadas sementes de seis árvores de cada procedência.

##### 3.1.1 Localização das Áreas de Coletas das Sementes

###### Procedência A

Fazenda Monte Alegre localizada no Centro-leste do Estado do Paraná, pertencente ao município de Telêmaco Borba. Área de propriedade do Grupo Klabim do Paraná.

###### Procedência B

Posto Indígena de Xapecô situado no Centro-Oeste do Estado de Santa Catarina no município de Xanxerê, a 27 quilômetros da cidade de Chapecô.

###### Procedência C

Fazenda Jaracatiã, município de Santa Cruz do Monte Castelo, noroeste do Estado do Paraná. Situada no Km 12 da rodovia que liga as cidades de Santa Cruz do Monte Castelo e Querência do Norte.

### Procedência D

Fazenda Pinhal Ralo, localizada no sudoeste do Estado do Paraná, município de Laranjeiras do Sul, no Km 25 da rodovia que liga as cidades de Laranjeiras do Sul e Salto Santiago.

Os dados climáticos e geográficos das áreas de coleta encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. DADOS CLIMÁTICOS E GEOGRÁFICOS DAS ÁREAS DE COLETA

PROGEDÊNCIAS	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	ALTITUDE (m)	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)	CLIMA (Köppen)
A	24°15'	50°35'	760	1.550	Cfb
B	26°40'	52°30'	650	1.900	Cfb
C	23°00'	53°20'	400	1.150	Cwa
D	25°30'	52°40'	750	1.650	Cfb

### 3.2 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido nas dependências do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba-Paraná, situada a uma latitude de 25°25'S, longitude de 49°17'W, altitude de 900 m e tipo climático Cfb (Köppen).

As plantas permaneceram em viveiro com cobertura de polietileno transparente e sombrite à temperatura ambiente durante todo o período experimental, o qual teve início em janeiro de 1981 e término em fevereiro de 1982. A Tabela 2 fornece os dados meteorológicos do local do ensaio referente ao período do experimento.

TABELA 2. DADOS METEREOLÓGICOS NO LOCAL DO ENSAIO

ANO	MÊS	TEMPERATURA DO AR (°C)			UMIDADE RELATIVA (%)	PRECIPITAÇÃO (mm)
		Média das Máximas	Média das Mínimas	Média Compensada		
1981	Janeiro	26,9	18,13	21,83	89,0	159,2
1981	Fevereiro	28,0	18,4	22,4	87,3	82,3
1981	Março	26,3	18,8	20,6	88,8	56,77
1981	Abril	21,36	12,1	16,8	86,7	60,2
1981	Maio	22,37	17,82	16,2	79,4	27,9
1981	Junho	18,89	8,71	13,0	81,8	21,0
1981	Julho	18,46	5,9	12,5	78,8	35,2
1981	Agosto	21,3	9,12	14,6	83,4	63,8
1981	Setembro	23,05	11,26	16,21	83,9	75,4
1981	Outubro	21,2	11,77	16,2	87,1	109,2
1981	Novembro	27,25	16,13	21,13	77,1	74,6
1981	Dezembro	25,09	14,31	19,28	80,8	135,8
1982	Janeiro	26,9	15,25	19,57	78,0	24,7
1982	Fevereiro	28,0	17,62	22,09	83,14	171,8

FONTE: Estação Meteorológica - Viveiro Experimental do Curso de Engenharia Florestal - UFPr.

### 3.3 CULTIVO DAS MUDAS

As sementes foram colocadas em placas de Petri, com papel de filtro umedecido e levadas ao germinador CLELAND MODEL 1000. Após a emissão da radícula, as plântulas foram transportadas para o viveiro e repicadas em recipientes individuais de polietileno, de cor preta, com capacidade de 500 ml. O substrato utilizado foi areia e vermiculita na proporção de 2:1. A areia foi previamente lavada em tanque com água corrente e peneirada através de malha de 2 mm.

A partir da terceira semana após a repicagem, as plantas receberam uma aplicação mensal da solução nutritiva, a qual foi aplicada individualmente sobre o substrato, numa quantidade de 50 ml. Irrigações pesadas foram realizadas antes de cada aplicação da solução com a finalidade de evitar acúmulo de sais. Foram utilizadas quatro soluções com diferentes concentrações de P, preparadas a partir da solução modificada de Hoagland nº 3. A concentração inicial de P foi estabelecida com base nos experimentos de INOUE<sup>42</sup>, com a mesma espécie, partindo-se da dosagem onde as plantas não apresentaram sinais de deficiência. As dosagens de fósforo foram crescentes, enquanto a dos demais nutrientes foram mantidos constantes nas soluções para os diferentes tratamentos. A nutrição com micronutrientes foi feita através do produto comercial "Envy", numa dosagem de 25 ml para cada 10 litros de solução a ser aplicada. O valor médio do pH da solução foi ajustado para 5,5, através da aplicação de NaOH. A Tabela 3 indica a composição das soluções com diferentes concentrações de P.

TABELA 3. COMPOSIÇÃO DAS SOLUÇÕES COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO MOLAR  Solução estoque	QUANTIDADE EM GRAMA/LITRO DA SOLUÇÃO APLICADA			
		Tratamento 1 (Solução 1)	Tratamento 2 (Solução 2)	Tratamento 3 (Solução 3)	Tratamento 4 (Solução 4)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,5	1,50	1,50	1,50	1,50
KNO <sub>3</sub>	1,0	0,94	0,78	0,75	0,50
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,5	0,085	0,17	0,34	0,68
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,2	1,24	1,24	1,24	1,24
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,2	0,20	0,20	0,20	0,20
Composição de micronutrientes Produto Envy(%)	B = 0,36 Mn = 0,09	Co = 0,09 Mo = 0,09	Cu = 0,9 Zn = 0,09	Fe = 1,8 pH = 6,88	



### 3.4 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

#### 3.4.1 Altura e Diâmetro do Colo

As medições desses parâmetros foram efetuadas antes das aplicações da solução de nutrientes e no final do experimento.

#### 3.4.2 Área Foliar

A área foliar das plantas foi determinada no final do experimento, com auxílio do "Automatic" Area Meter (integrador de área foliar) modelo AAC-400.

#### 3.4.3 Peso da Matéria Seca

No final do experimento, logo após as medições, as plantas foram cortadas a altura do colo, lavadas e colocadas em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ . Após 24 horas o material foi retirado da estufa, colocado no dessecador e em seguida levado a balança analítica onde obteve-se o peso seco aéreo e radicular correspondente a cada planta.

### 3.5 ANÁLISE FOLIAR

As análises químicas do material foliar foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

No material seco a  $105^{\circ}\text{C}$  até peso constante, moído à textura homogênea, foram feitas as seguintes determinações: (HILDEBRAND et al. 38)

### - Nitrogênio Total

Determinado por digestão sulfúrica segundo o método de Kjeldhal, destilação em aparelho Büchi e titulação contra NaOH 0,02 N.

Para os elementos a seguir, as determinações foram feitas em soluções provenientes da digestão por via seca em mufla a 500°C e solubilização em HCl a 10% (FINK<sup>29</sup>).

### - Fósforo

Determinado por calorimetria usando vanadato e molibdato de amônio (cor amarela) em Espectrofotômetro Perkin Elmer 554, UV/VIS.

### - Potássio

Determinado por emissão em chama oxidante ar/acetilato em Espectrofotômetro Perkin Elmer 403.

### - Cálcio e Magnésio

Após a diluição 1:10 e adição de  $(S + Cl_2) \cdot 6H_2O$  a 1%, foi determinado por absorção em chama redutora ar/acetilato em AAS Perkin Elmer 2380.

### - Ferro, Cobre, Manganês e Zinco

Determinados por absorção em chama oxidante ar/acetilato em AAS Perkin Elmer 2380.

## 3.6 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento estatístico utilizado foi o de parcelas sub-divididas (split-plot), em blocos ao acaso, com 4 procedên-

cias, 4 tratamentos de nutrição com P e 5 repetições, totalizando 180 plantas por tratamento.

A análise da variância foi efetuada para a interpretação dos dados referentes a todos os parâmetros. Para a comparação das médias, utilizou-se do teste Student-Newman-Keuls (S.N.K.), derivado de Tuckey e Duncan, ao nível de 95% de probabilidade.

Em função das diferenças significativas entre os tratamentos, foram feitos cálculos de regressão, testando as equações: linear, quadrática e cúbica, obtendo-se os coeficientes de correlação referentes a cada parâmetro analisado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 EFEITO DAS DOSAGENS CRESCENTES DE FÓSFORO SOBRE OS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

#### 4.1.1 Altura

O efeito das dosagens de P sobre a altura das plantas foi altamente significativa (Tabela 11 do Apêndice), tendo-se observado uma alta correlação positiva entre o desenvolvimento em altura das plantas e as concentrações de P no substrato para todas as procedências (Tabela 4). Os valores médios desse parâmetro, ao final do experimento, encontram-se na Tabela 5 e estão representados na Figura 1.

A partir da dosagem de 20 ppm de P o crescimento em altura mostrou-se bastante pronunciado, alcançando o maior valor médio com a máxima dosagem fornecida (160 ppm).

O efeito positivo do P sobre o crescimento em altura também foi observado por LEYTON<sup>47</sup>, KAUL et al.<sup>43</sup>, trabalhando com *Larix leptolepis* e *Eucalyptus* híbrido.

Em experimento com *Cedrela fissilis* Vell e *Cedrela odorata* L., INOUE<sup>42</sup> detectou uma correlação linear positiva entre a altura das plantas e a concentração de fósforo no substrato. Não constatando porém diferença significativa entre as espécies estudadas.

TABELA 4. VALORES DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ANALISADOS E AS DOSAGENS DE FÓSFORO PARA *Cedrela fissilis*

	ALTURA	DIÂMETRO DE COLO	ÁREA FOLIAR	PESO SECO AÉREO	PESO SECO RADICULAR	PESO SECO TOTAL
DOSAGEM DE FÓSFORO	0,89 ***	0,84 ***	0,84 ***	0,86 ***	0,80 ***	0,85 ***

\*\*\* Significante ao nível de 0,001.

TABELA 5. VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS: ALTURA, DIÂMETRO DO COLO E ÁREA FOLIAR, DE ACORDO COM AS DOSAGENS DE FÓSFORO FORNECIDAS PARA QUATRO PROCEDÊNCIAS

PROCEDÊNCIA	TRATAMENTO	DOSAGEM DE FÓSFORO  (ppm)	P A R Â M E T R O S		
			Altura (cm)	Diâmetro do Colo (mm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )
A	1	20	8,56	4,8	22,8
	2	40	9,26	5,6	35,4
	3	80	10,4	6,7	91,2
	4	160	11,0	7,7	112,1
B	1	20	8,08	4,7	19,4
	2	40	9,10	5,3	56,1
	3	80	10,86	6,7	105,9
	4	160	11,4	7,5	122,7
C	1	20	8,09	5,2	18,4
	2	40	9,06	5,6	43,1
	3	80	10,36	7,2	106,7
	4	160	11,12	7,9	155,1
D	1	20	7,86	4,4	16,6
	2	40	8,47	4,8	29,8
	3	80	9,85	6,2	79,0
	4	160	10,72	7,0	127,8

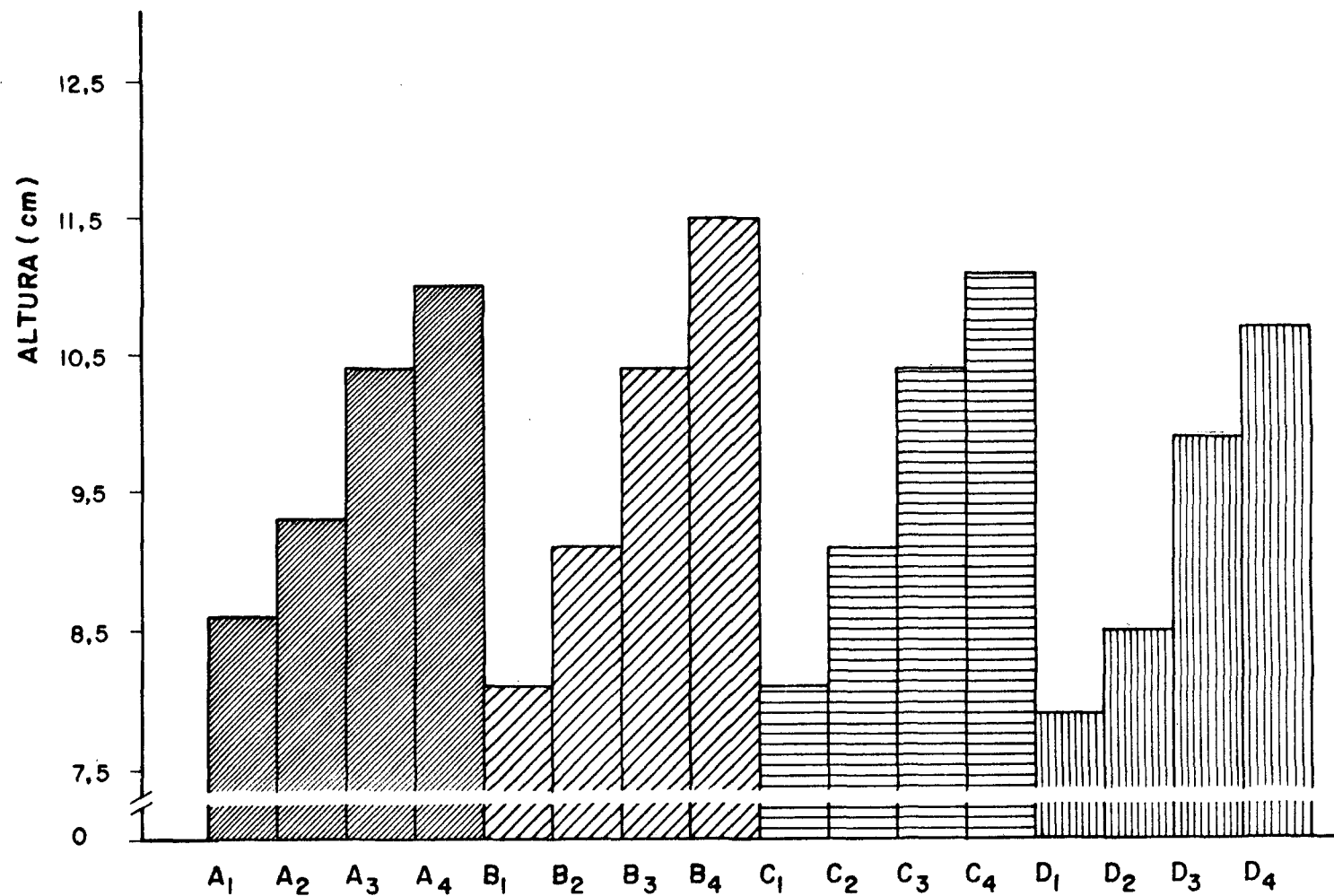


Figura 1. Distribuição da altura das plantas de acordo com as procedências e dosagens de Fósforo.

A, B, C e D = procedências

1, 2, 3 e 4 = dosagens de Fósforo, 20 ppm, 40 ppm, 80 ppm e 160 ppm, respectivamente.

Estudos realizados por FOBER & GIERTYCH<sup>30</sup>, com procedências de *Picea abies* da região Norte e Sul da Polônia, submetidas a diferentes dosagens de fósforo no substrato, mostraram diferenças relevantes no que diz respeito a altura e a concentração de fósforo na solução. Constataram também que as procedências originadas de regiões com maior altitude, apresentaram menores valores de altura.

WALKER & HATCHER<sup>69</sup>, verificaram em mudas de *Pinus elliottii*, que o parâmetro altura variou significativamente entre os diferentes grupos de progenies estudados. Atribuem esses resultados às diferenças apresentadas pelas espécies quanto a habilidade em absorver eficientemente os nutrientes disponíveis.

No presente estudo as procedências de *C. fissilis*, mostraram comportamento semelhantes em relação a dosagem de fósforo fornecida. A análise de variância mostrou não haver diferença significativa entre as procedências e o parâmetro altura dentro do período estudado. Porém notou-se que, as plantas de procedência B, apresenta maiores valores de altura para o tratamento com maior dosagem de fósforo.

#### 4.1.2 Diâmetro do Colo

Segundo SCHUBERT & ADAMS<sup>61</sup>, CARNEIRO<sup>17</sup> e BACON<sup>6</sup>, o diâmetro de colo é considerado um parâmetro importante como indicador da qualidade de muda. No entanto, são poucas as publicações referentes ao seu comportamento, tanto em relação aos efeitos da aplicação de diferentes concentrações de P no substrato, como em relação ao estudo com espécies de diferentes procedências.



A análise dos dados para o diâmetro do colo das plantas mostrou efeito altamente significativo entre as dosagens de P fornecidas e as procedências estudadas. Os dados de diâmetro de colo das plantas, no final do experimento, encontram-se na Tabela 5 e a representação gráfica na Figura 2. Através delas pode-se observar que o aumento do diâmetro de colo para as quatro procedências foi diretamente proporcional à concentração de P aplicada, ou seja, o crescimento em diâmetro aumentou como o aumento de P na solução. Resultados semelhantes foram encontrados por INOUE<sup>41</sup> no seu trabalho com mudas de uma só procedência de *Cedrela fissilis*, onde o diâmetro de colo foi fortemente influenciado pelas soluções deficientes em P.

O comportamento das procedências sob condições de ambiente e regime nutricional idênticos, mostram diferenças significantes em relação a cada dosagem de P aplicada, concordando com MERGEN & WORRAL<sup>51</sup> e WALKER & HATCHER<sup>69</sup> que constataram que a habilidade das plantas para absorver minerais no meio não é constante para todas as variedades de uma mesma espécie, podendo variar em função da origem geográfica das sementes.

A procedência C se destacou mostrando os maiores valores de crescimento em diâmetro para todos os tratamentos. Esse resultado poderia ser parcialmente explicado, pela inerente capacidade dessas plantas, em utilizar melhor os nutrientes disponíveis para o seu desenvolvimento.

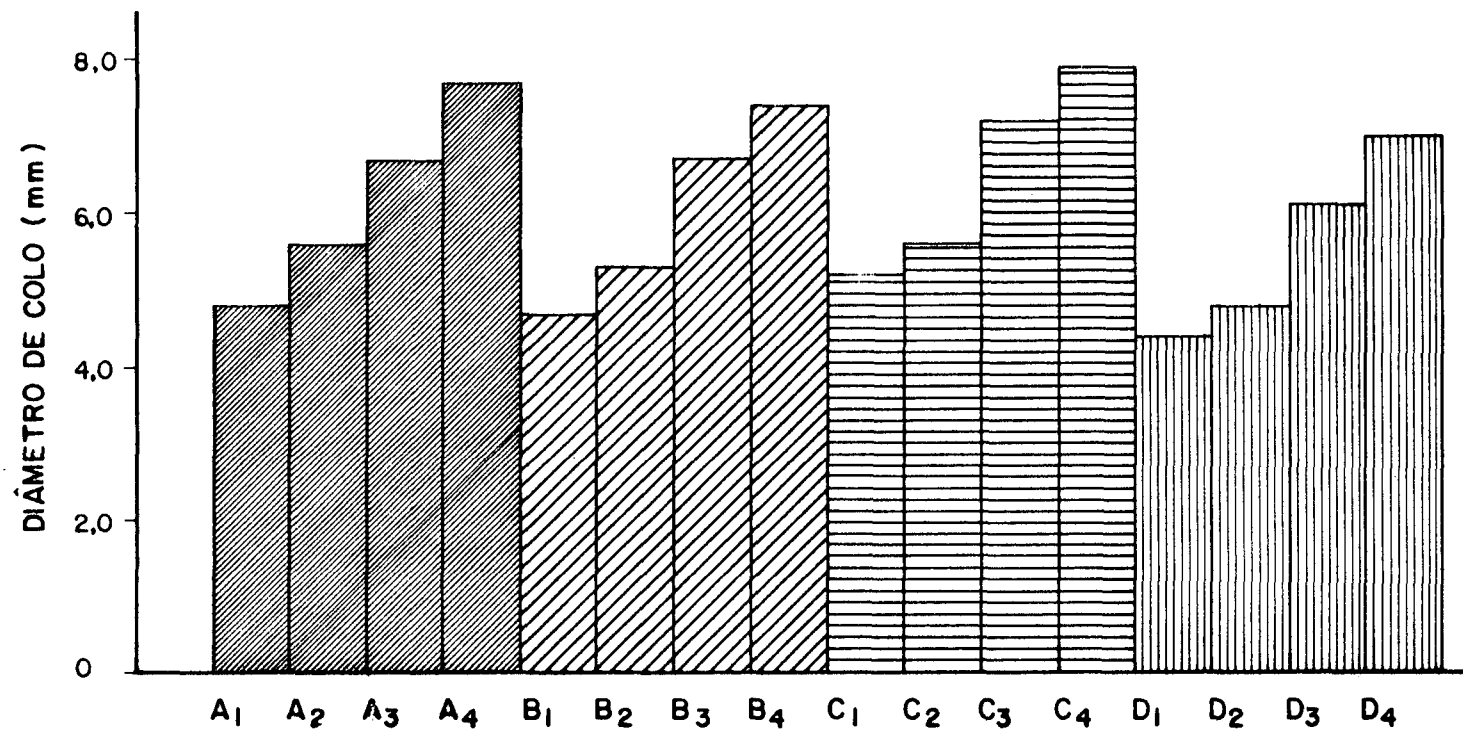


Figura 2. Distribuição do diâmetro de colo das plantas de acordo com as procedências e dosagens de Fósforo.

A, B, C e D = procedências

1, 2, 3 e 4 = dosagens de Fósforo, 20 ppm, 40 ppm, 80 ppm e 160 ppm respectivamente.

#### 4.1.3 Área Foliar

Os resultados da análise de variância referentes ao efeito das dosagens de P sobre a área foliar das plantas, mostraram diferenças significantes para todas as procedências (Tabela 13 do Apêndice).

No teste de comparação de médias encontrou-se diferenças significantes entre as dosagens de P fornecidas, sendo que o maior valor médio foi obtido com a aplicação da maior dosagem de P, ou seja, 160 ppm. Os valores deste parâmetro encontram-se na Tabela 5 e estão representados na Figura 3.

O aumento da área foliar em função da dosagem crescente de P também foi observado por BRANDI<sup>12</sup> para mudas de *Eucalyptus citriodora*.

Apesar das procedências não diferirem estatisticamente entre si (Tabela 13 do Apêndice), a procedência C foi a que apresentou maior valor médio para o tratamento com maior dosagem de P. Observa-se que esta procedência também apresentou melhores resultados em relação ao peso de matéria seca radicular e ao crescimento em diâmetro. Segundo BAYENS<sup>7</sup>, isto poderia ser explicado pela relação existente entre a área foliar e a produção de massa radicular, uma vez que quanto maior a área foliar mais abundante será a nutrição para as raízes.

A área foliar apesar de não ser um parâmetro muito utilizado pelos pesquisadores na avaliação das respostas das plantas sob diferentes regimes nutricionais, reflete marcantemente o efeito dos fatores externos como temperatura e luminosidade sobre a fisiologia das plantas. Deve-se ressaltar que estes fatores não foram controlados durante a realização deste experimento.

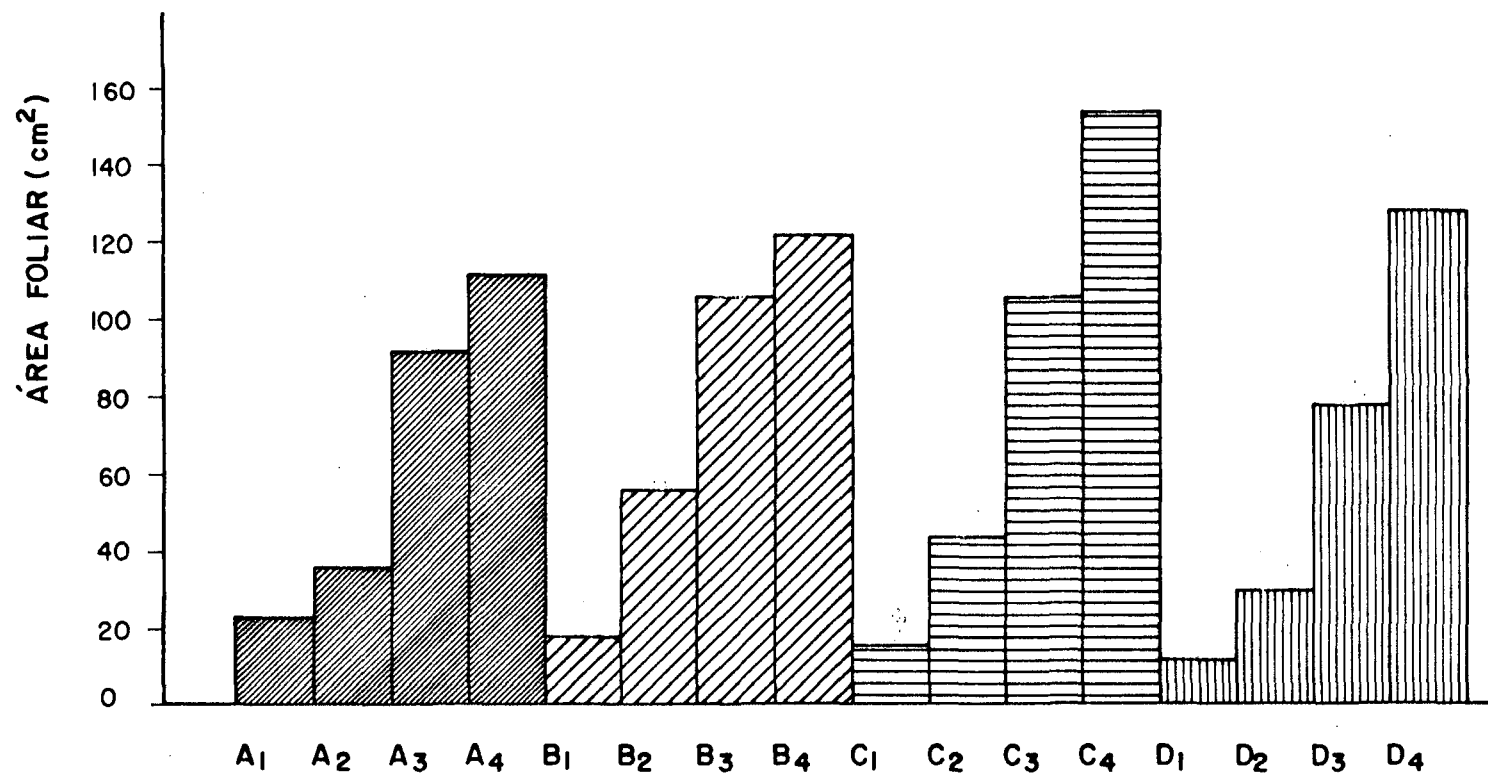


Figura 3. Distribuição da área foliar das plantas de acordo com as procedências e doses de Fósforo.

A, B, C e D = procedências

1, 2, 3 e 4 = dosagens de Fósforo, 20 ppm, 40 ppm, 80 ppm e 160 ppm, respectivamente.

#### 4.1.4 Produção de Matéria Seca

Para a produção de matéria seca, foram detectadas diferenças significativas entre as dosagens com P para todas as procedências (Tabela 14, Apêndice). Com relação ao peso de matéria seca radicular e ao peso de matéria seca total, além do efeito dos tratamentos com P foi também constatado efeito significativo entre as procedências para cada dosagem de P aplicada (Tabela 16 e 14 do Apêndice).

As análises de correlação do peso de matéria seca radicular, do peso de matéria seca aérea e do peso seco total, em relação as dosagens de P para todas as procedências, indicaram altos valores de correlação (Tabela 4).

Observa-se através da Figura 4, que o aumento na produção de matéria seca foi diretamente proporcional ao aumento de P para todas as procedências.

INOUE<sup>42</sup>, trabalhando com concentrações decrescentes de fósforo, encontrou resultados semelhantes para *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*, onde 0,25 mmol/l foi a concentração que resultou em maior produção de matéria seca, e as concentrações 0,05 e 0,025 mmol/l foram aquelas em que as plantas, mostraram sinais de deficiência em P. Este estudo detectou também interação entre as espécies estudadas.

No presente trabalho, ao se comparar os valores médios obtidos pela aplicação das diferentes dosagens de P, observa-se que a diferença entre os valores obtidos com a dosagem de 80 ppm e 160 ppm é menor do que a observada entre as dosagens de 40 ppm e 80 ppm. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por LACEY et al.<sup>45</sup> com *Eucalyptus grandis*, onde

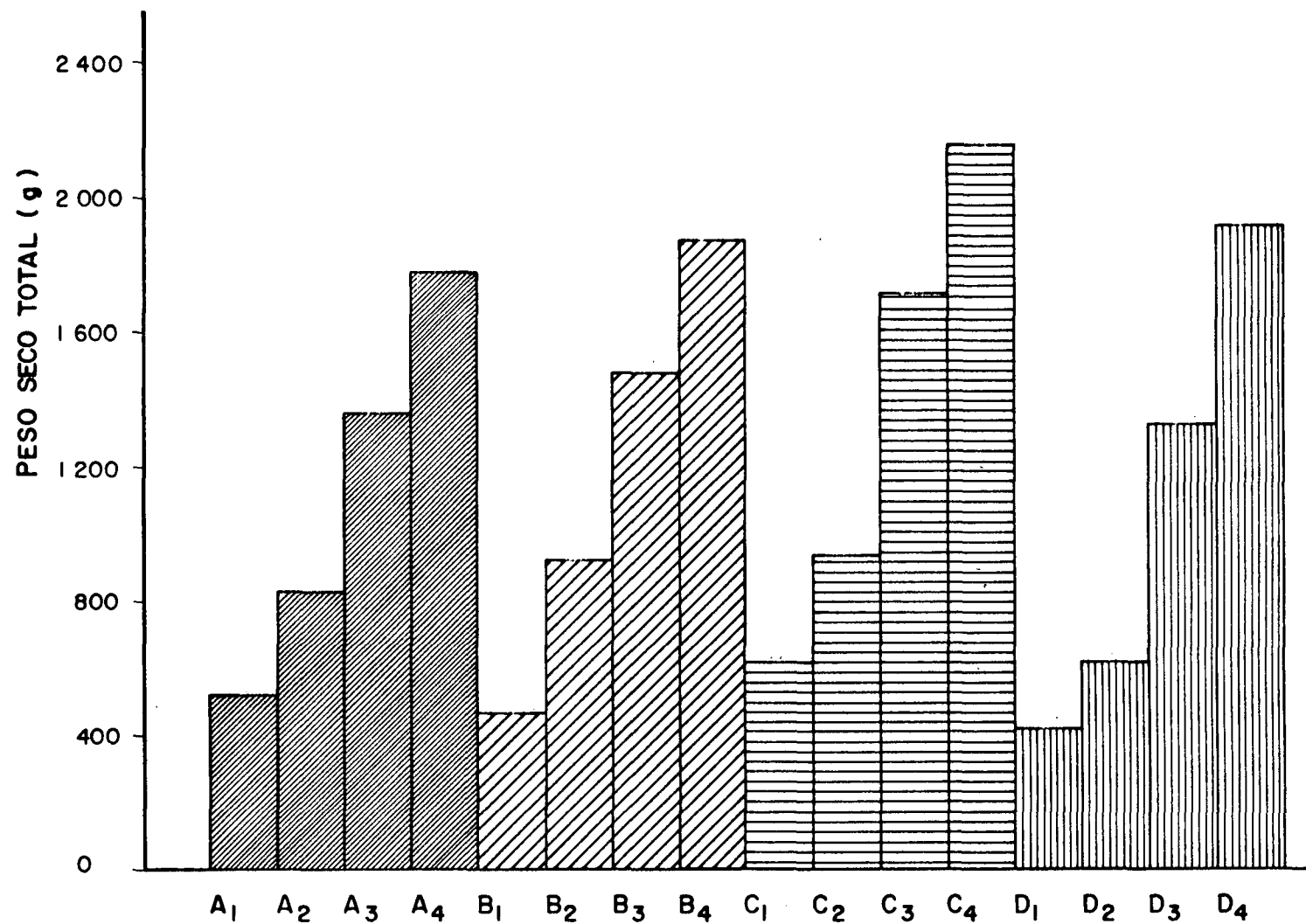


Figura 4. Distribuição do peso total das plantas de acordo com as procedências e doses de Fósforo.

A, B, C e D = procedências

1, 2, 3 e 4 = dosagens de Fósforo, 20, ppm, 40 ppm, 80 ppm e 160 ppm respectivamente.

constatarem que o incremento de matéria seca começou a diminuir com as concentrações de P acima de 7,75 ppm. LONERAGAN & ASHER<sup>46</sup> encontraram resultados semelhantes para espécies anuais de pastagens.

No presente experimento, não foi observado interação entre as procedências e os tratamentos com P. Da mesma forma, WALKER & HATCHER<sup>69</sup> não encontraram interação entre os grupos de progênies de *Pinus elliottii* e os tratamentos com diferentes nutrientes. Por outro lado, foi constatado por FÖBER & GIERTYCH<sup>30</sup> interação significativa entre os níveis de fósforo e diferentes procedências de *Picea abies* (L.) Karst). DRIESSCHE<sup>22</sup> observou interação significativa entre tratamentos com Nitrogênio e duas procedências de *Pseudotsuga menziesii*.

A procedência C destacou-se das demais em relação a maior produção de matéria seca, em consequência do seu maior peso radicular. É importante ressaltar que esta procedência apresentou o mesmo comportamento em relação ao diâmetro do colo. Essas observações concordam com a afirmativa de SCHMIDT-VOGT\* e PARVIAINEN\*\*, citados por PARVIAINEN<sup>54</sup>, de que o diâmetro do colo das mudas explica em grande parte, as diferenças em relação ao peso seco total.

Analisando o parâmetro raiz/caule constatou-se uma leve diminuição desta relação com o aumento da dosagem de P (Tabela 6). FÖBER & GIERTYCH<sup>30</sup>, trabalhando com mudas de *Picea abies*, LACEY et al.<sup>45</sup> com *Eucalyptus grandis* e INOUE<sup>42</sup> com *Cedrela fissilis*,

\* SCHMIDT-VOGT, H. Wachstum und Qualität von Forstplätzen. 2.ed. München : BLV Verlagsgesellschaft, 1966.

\*\* PARVIAINEN, J. Juurten leikkaaminen männyn paljasjuuristen taimien karvatismenetelmä. Commun. Inst. For., v. 98, n. 2, p. 1-131.

TABELA 6. VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS: PESO AÉREO, PESO SECO RADICULAR, PESO SECO TOTAL E RELAÇÃO RAIZ/PARTE AÉREA DE ACORDO COM AS DOSAGENS DE FÓSFORO FORNECIDAS PARA QUATRO PROCEDÊNCIAS

PROCEDÊNCIA	TRATAMENTO	DOSAGEM DE FÓSFORO	PESO SECO AÉREO (g)	PESO SECO RADICULAR (g)	PESO SECO TOTAL (g)	RELAÇÃO RAIZ/PARTE AÉREA
A	1	20	0,265	0,267	0,528	1,18
	2	40	0,431	0,389	0,835	1,05
	3	80	0,537	0,616	1,363	0,94
	4	160	0,961	0,774	1,776	0,86
B	1	20	0,238	0,223	0,462	1,10
	2	40	0,569	0,358	0,939	0,76
	3	80	0,868	0,613	1,483	0,87
	4	160	1,152	0,708	1,867	0,70
C	1	20	0,237	0,296	0,534	1,44
	2	40	0,434	0,505	0,941	1,12
	3	80	0,871	0,816	1,734	0,97
	4	160	1,150	0,900	2,156	0,93
D	1	20	0,196	0,234	0,430	1,30
	2	40	0,308	0,311	0,624	1,21
	3	80	0,734	0,651	1,372	0,98
	4	160	1,132	0,895	1,925	0,96



constatarem uma diminuição na relação raiz/caule em função do aumento do P. No entanto, FOWELLS & KRAUS<sup>32</sup> e MCGEE<sup>50</sup> afirmam que esta relação para mudas de *Pinus taeda* e *Pinus virginiana* parece estar diretamente relacionada com o suprimento de nitrogênio, uma vez que o aumento no suprimento deste elemento estimula mais o crescimento da parte aérea do que o das raízes. Para INGESTAD<sup>40</sup> tanto a deficiência de P como a do N produz uma maior relação raiz/parte aérea.

## 4.2 ESTADO NUTRICIONAL DAS MUDAS

### 4.2.1 Efeito das Dosagens Crescentes de Fósforo sobre o Teor dos Macronutrientes

#### 4.2.1.1 Conteúdo de Nitrogênio

Os resultados das análises foliares para o N, não mostram alterações pronunciadas em função das doses crescentes de P. Os valores médios são apresentados na Tabela 7. Em relação a estes valores não ficou constatada correlação entre as variáveis N foliar e dosagem de P (Tabela 8). Resultados semelhantes foram encontrados por FOWELLS & KRAUS<sup>32</sup>, NEWNHAM & CARLISLE<sup>52</sup>, para mudas de *Pinus taeda* e *Pinus virginiana*, *Quercus robur* e *Quercus petraea*, respectivamente. As observações feitas por DUMBROFF & MICHEL<sup>24</sup> em experimentos com *Pinus elliottii* contribuem para o entendimento do comportamento desse elemento no presente trabalho. Estes autores relataram que para níveis baixos de N no substrato, o suprimento de P não mostrou qualquer efeito sobre o conteúdo do N foliar, indicando porém um efeito pronunciado quando em presença de altos níveis de N no substrato. Isto

TABELA 7. COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR (MACRONUTRIENTES) DAS DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DE *Cedrela fissilis* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS COM FÓSFORO NO SUBSTRATO

PROCEDÊNCIA	TRATAMENTO	P (substrato) ppm	MACRONUTRIENTES (%) (FOLIAR)				
			N	P	K	Ca	Mg
A	1	20	2,89	0,098	4,42	0,87	0,44
	2	40	2,89	0,130	4,40	0,85	0,46
	3	80	2,70	0,223	4,50	1,01	0,54
	4	160	3,19	0,297	4,00	0,98	0,66
B	1	20	3,10	0,112	5,15	0,96	0,44
	2	40	2,36	0,140	4,46	0,86	0,42
	3	80	2,93	0,167	4,10	1,02	0,49
	4	160	3,10	0,260	3,70	1,01	0,69
C	1	20	3,21	0,121	5,03	1,15	0,50
	2	40	2,56	0,160	4,64	0,97	0,49
	3	80	2,90	0,193	4,44	1,07	0,52
	4	160	3,21	0,282	3,82	1,04	0,67
D	1	20	2,98	0,110	4,31	0,82	0,49
	2	40	2,80	0,125	4,38	0,81	0,45
	3	80	2,72	0,201	4,36	0,92	0,54
	4	160	2,81	0,259	3,18	0,86	0,65

TABELA 8. CORRELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES FOLIARES E TRATAMENTOS COM FÓSFORO, DE ACORDO COM QUATRO PROCEDÊNCIAS DE *Cedrela fissilis*

NUTRIENTES	T R A T A M E N T O S   C O M   F Ó S F O R O			
	PROCEDÊNCIA A	PROCEDÊNCIA B	PROCEDÊNCIA C	PROCEDÊNCIA D
K	-0,27	-0,84***	-0,71***	-0,75***
P	0,91***	0,96***	0,82***	0,94***
N	0,30	0,20	0,28	-0,14
Ca	0,45*	0,48*	0,39	0,22
Mg	0,85***	0,30	0,36	0,76***
Fe	-0,03	0,27	0,74***	0,12
Mn	0,65**	0,75*	-0,57**	0,05
Cu	-0,79***	-0,32	-0,64	-0,64**
Zn	-0,05	0,30	-0,41	-0,04

\* significante ao nível de 0,05  
 \*\* significante ao nível de 0,01  
 \*\*\* significante ao nível de 0,001

sugere que o nível de N da solução utilizada no presente trabalho, não atingiu uma concentração suficiente para que o N foliar fosse alterado pelas dosagens de fósforo fornecida (Figura 5). Por outro lado, LACEY et al.<sup>45</sup> constatarem que em mudas de *Eucalyptus grandis* o aumento de P mostrou um aumento significativo no conteúdo de N foliar.

#### 4.2.1.2 Conteúdo de Fósforo

Os resultados das análises químicas dos tecidos foliares das plantas indicam que a concentração do P foliar aumenta, com o aumento da dosagem do mesmo no substrato, para todas as procedências (Tabela 7, Figura 6). Este comportamento também foi observado por McGEE<sup>50</sup>, FOBER & GIERTYCH<sup>30</sup>, FOWELLS & KRAUS<sup>32</sup>, BHATNAGAR et al.<sup>9</sup>, LONERAGAN & ASHER<sup>46</sup>, KAUL et al.<sup>43</sup> para as espécies *Pinus elliotti*, *Picea abies*, *Pinus taeda* e *P. virginiana*, *Tectona grandis*, culturas anuais e *Eucalyptus* híbrido.

O teor mínimo e máximo de P das folhas variou entre 0,098 e 0,30%, em relação ao peso da matéria seca para as dosagens de 20 ppm a 160 ppm, respectivamente.

A concentração do P foliar de 0,098%, 0,11%, 0,12% e 0,11%, em relação ao peso da matéria seca para as procedências A, B, C e D respectivamente, demonstra um estado nutricional insuficiente para o bom desenvolvimento das mudas sob a dosagem de 20 ppm de P, uma vez que a produção de matéria seca foi significativamente inferior aos tratamentos com maiores dosagens. É importante salientar que mesmo para as coníferas que constam como espécies pouco exigentes em termos nutricionais, tais valores tão abaixo do limite do bom suprimento (ZÖTTL<sup>75</sup>).

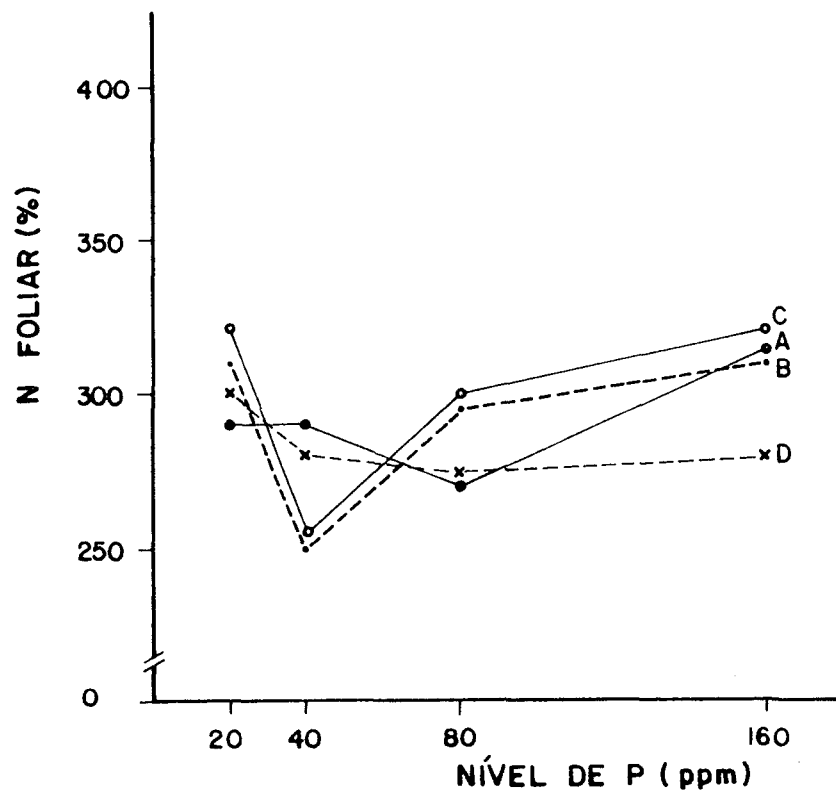


Figura 5. Conteúdo de N foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P no substrato. (A, B, C e D = parâmetros)

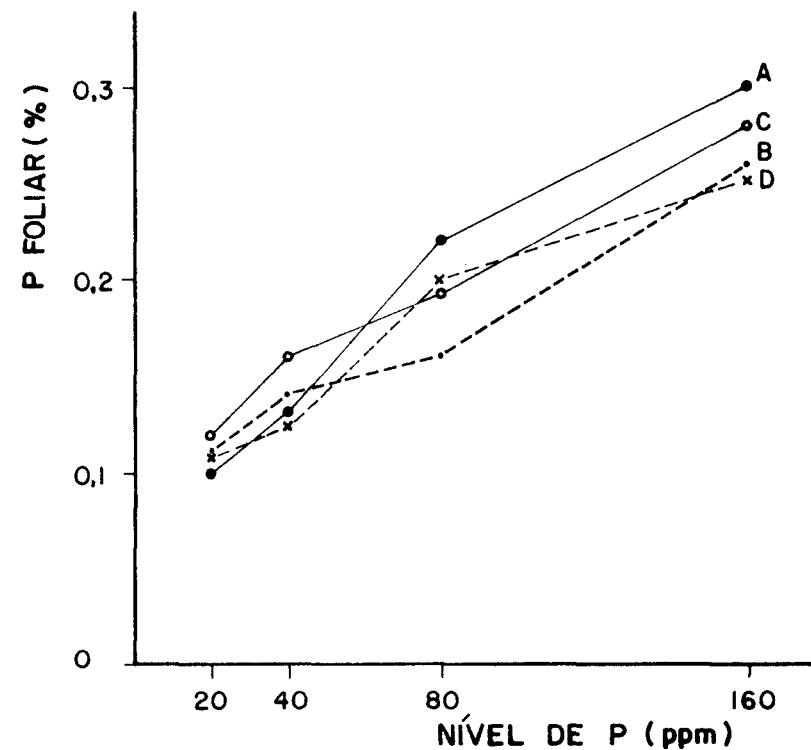


Figura 6. Conteúdo de P foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P no substrato. (A, B, C e D = parâmetros)

A análise foliar comparativa com mudas de *Cedrela fissilis*, sob condições de viveiro, mostrou um teor de P de 0,13% em relação ao peso da matéria seca (REISSMANN<sup>1</sup>).

Segundo NEWNHAM & CARLISLE<sup>52</sup>, para espécies florestais, incluindo coníferas e folhosas de clima temperado, os teores de P variam de 0,13% a 0,44%. Para mudas de *Eucalyptus grandis*, a concentração de 0,11% de P foliar foi considerado insuficiente para um bom desenvolvimento (LACEY et al.<sup>45</sup>).

A concentração do P foliar associada com a máxima produção de matéria seca, foi de 0,22% para *Quercus petraea* e de 44%, para *Quercus robur* (NEWHAM & CARLISLE<sup>52</sup>).

#### 4.2.1.3 Conteúdo de Potássio

Pela Figura 7 e Tabela 7, observa-se que o conteúdo de K foliar nas plantas, decresceu sensivelmente com o aumento da dosagem de P no substrato, para as procedências B, C e D. Enquanto que para a procedência A, apesar de não se verificar correlação o resultado mostra a mesma tendência (Tabela 8). FOWELLS & KRAUSS<sup>32</sup> constataram também diminuição no nível desse elemento em mudas de *Pinus taeda* submetidas a altas dosagens de P.

Nos trabalhos consultados não existe referência quanto ao efeito depressivo do P sobre a absorção do K. Assim sendo, uma possível explicação para a redução do K foliar, poderia ser dada pelo aumento do crescimento e da atividade metabólica da planta, estimulada pelas altas dosagens de P, considerando-se assim, um efeito de diluição pelo crescimento. No entanto,

<sup>1</sup> Comunicação pessoal.

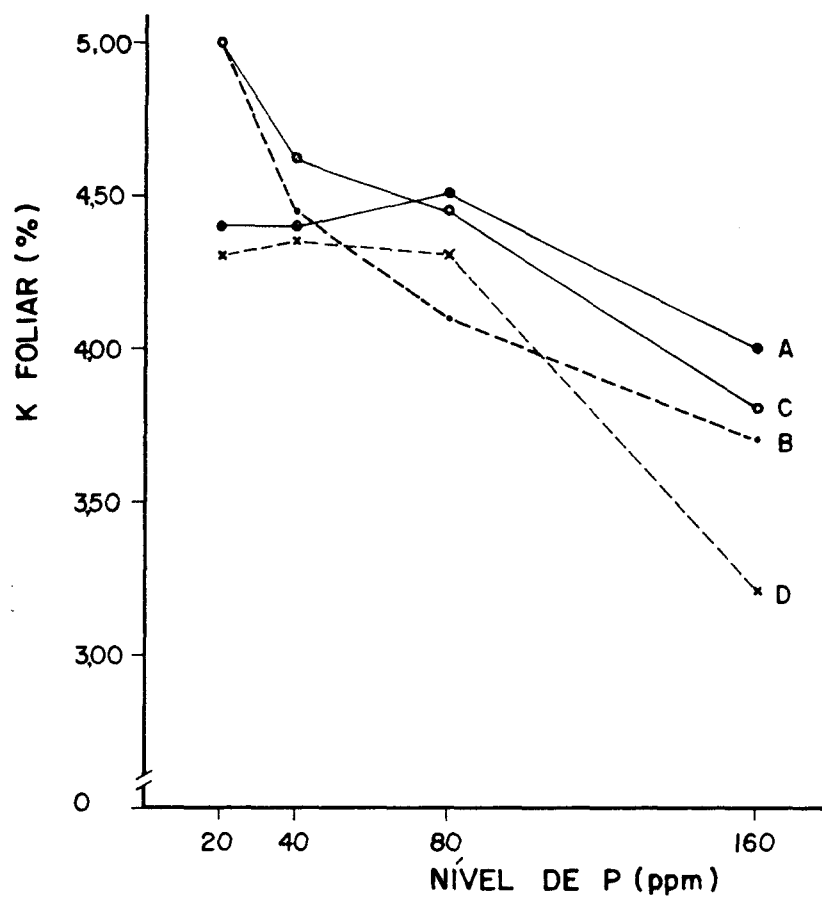


Figura 7. Conteúdo de K foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P. no substrato (A, B, C e D = parâmetros)

LACEY et al.<sup>45</sup>, relataram aumento da concentração do K devido ao acréscimo do P. Por outro lado KAUL et al.<sup>43</sup> não encontraram efeito significativo do P sobre a absorção do K para mudas de *Eucalyptus* híbrido.

Além do decréscimo verificado no teor do K, observa-se que os valores desse elemento em relação as dosagens de P para todas as procedências, são relativamente altos, comparando com outras espécies florestais. Para *Pinus elliottii* os teores de K para plantações no sul do Brasil, variam de 0,22 a 1,15%, enquanto que o *Eucalyptus alba* cultivado em areia apresenta um teor de 1,13% (MALAVOLTA et al.<sup>49</sup>). Os altos teores de K podem ser em grande parte, devido à época de coleta do material, uma vez que, para determinadas espécies, é característica desse elemento apresentar variações pronunciadas de acordo com as diferentes épocas do ano, com picos de altas concentrações no verão, como foi constatado para *Araucaria angustifolia* por REISSMANN<sup>58</sup> e para *Pinus resinosa* por WHITE<sup>74</sup>. Apesar dessas informações pertencerem às coníferas, obtém-se um padrão comparativo, uma vez que dentro do mesmo grupo as espécies mostram comportamento diferente.

#### 4.2.1.4 Conteúdo de Cálcio e Magnésio

A concentração do Ca no tecido foliar das plantas não foi constante em relação as diferentes dosagens de P para todas as procedências. Na Tabela 8 observa-se que o maior coeficiente de correlação entre as dosagens de P aplicadas e o teor de Ca foliar foi de 0,48, o que indica uma baixa relação dos valores de Ca foliar e P aplicado. Resultados semelhantes foram encon-



trados por FOWELLS & KRAUS<sup>32</sup>, para mudas de *Pinus taeda* e *Pinus virginiana*.

O comportamento desse elemento em relação ao P, parece divergir para as diferentes espécies. Para *Eucalyptus grandis*, a sua concentração diminuiu com o aumento do suprimento de P (LACEY *et al.*<sup>45</sup>).

Por outro lado, EHERLER *et al.*\* (citados por DUMBROFF & MICHEL<sup>24</sup>), relatam um efeito estimulador do P sobre a absorção do Ca, em culturas anuais. Esse mesmo comportamento foi observado por BHATNAGAR *et al.*<sup>9</sup>, para mudas de *Tectona grandis*.

É importante ressaltar a possibilidade de maior acúmulo do Ca nos tecidos do caule e das folhas caídas, uma vez que é característica desse elemento concentrar-se em tecidos mais velhos (FIEDLER *et al.*<sup>28</sup> e BAYENS<sup>7</sup>).

Pela Tabela 7 e Figura 9 pode-se observar que a partir do tratamento 2 houve um aumento no teor do Mg foliar em função do acréscimo de P no substrato.

Esse comportamento do Mg em relação ao P, foi também observado por DUMBROFF & MICHEL<sup>24</sup>, LACEY *et al.*<sup>45</sup>, BHATNAGAR *et al.*<sup>9</sup>, para mudas de *Pinus elliotti*, *Eucalyptus grandis* e *Tectona grandis* respectivamente. Esse comportamento poderia ser parcialmente explicado, pela própria função do Mg na planta como ativador de enzimas relacionados ao metabolismo energético (MALAVOLTA<sup>48</sup>) e ligações nas reações de fosforilação. Para SAUCHELLI<sup>60</sup>, o Mg está estreitamente associado com a translocação do P nas plantas.

\*EHERLER, W.L. ; LANGE, A.H. ; HAMNER, K.C. The effect of nutrient balance on the uptake-transport of calcium and phosphorus by beans plants. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., v. 72, p. 365-69, 1958.

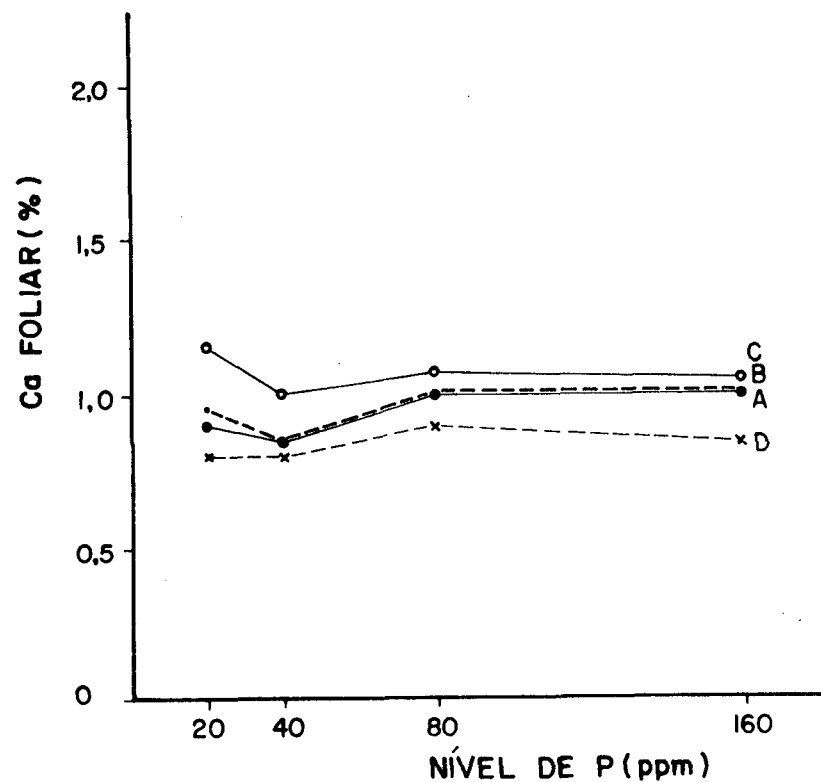


Figura 8. Conteúdo de Ca foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P no substrato (A, B, C, e D = parâmetros)

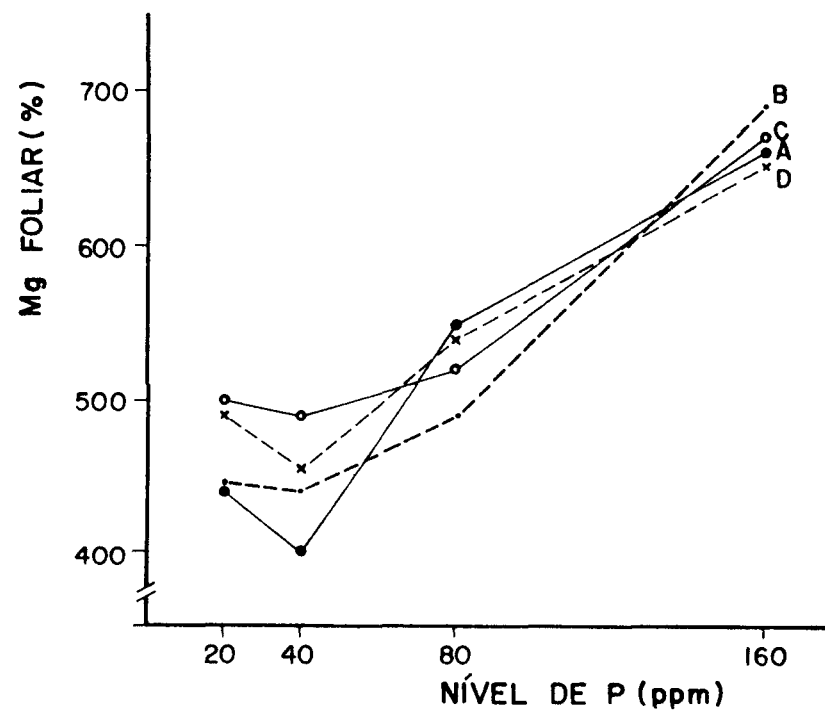


Figura 9. Conteúdo de Mg foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P no substrato (A, B, C, e D = parâmetros)

No presente trabalho, as procedências estudadas apresentaram coeficientes de correlações diferentes entre o Mg foliar e as dosagens crescentes de P (Tabela 7).

#### 4.2.2 Efeitos das Dosagens Crescentes de Fósforo sobre os Micronutrientes Ferro, Cobre, Manganês e Zinco

Os resultados mostraram que o teor do Fe em relação a dosagens crescentes de P (Tabela 8 e Figura 10) aumentou de modo significativo apenas para a procedência C ( $r = 0,74$ ). Embora na Tabela 9 onde se acham relacionadas as médias dos teores foliares de Fe, haja uma indicação de acúmulo proporcional, os coeficientes de correlação não são significantes (Tabela 8).

O P é freqüentemente envolvido em interações com o Fe, sendo que as revisões sobre este aspecto, segundo OLSEN<sup>53</sup>, indicam que muito pouco se conhece sobre o assunto. Muitos dos trabalhos tratam do tema em culturas anuais. Nestas pesquisas observa-se que o aumento da dosagem de P imobiliza o Fe nas raízes, num teor de 8 a 10 vezes maior que o da parte aérea (AYED<sup>4</sup>). BROWN *et al.*<sup>13</sup> observaram que o aumento do P no substrato, além do Ca, afetou a mobilidade e a utilização do Fe pela planta, apesar dos níveis foliares terem se apresentado normais. Já BINGHAM<sup>10</sup>, relata influência do P sobre o Fe apenas em *Lycopersicum*, onde a concentração do Fe diminuiu de 65 ppm para 28 ppm em relação ao peso seco, quando a concentração do P no substrato aumentou de 1 a 100 ppm respectivamente. Sendo que para *Lea*, *Phaseolus* e mudas de *Citrus*, não houve qualquer alteração no teor de Fe foliar.

Os resultados desse experimento sugerem, pelo menos a princípio, que para *Cedrela fissilis* não houve imobilização

TABELA 9. COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR (MICRONUTRIENTES) DAS DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DE *Cedrela fissilis* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS COM FÓSFORO NO SUBSTRATO

PROCEDÊNCIA	TRATAMENTO	P (substrato) ppm	MICRONUTRIENTES (ppm) (FOLIAR)			
			Fe	Cu	Mn	Zn
A	1	20	280	19	18	46
	2	40	280	20	32	37
	3	80	350	16	51	53
	4	160	450	9	46	41
B	1	20	270	11	27	35
	2	40	280	10	24	38
	3	80	290	6	54	34
	4	160	340	7	59	41
C	1	20	210	14	48	59
	2	40	210	13	19	40
	3	80	280	10	27	48
	4	160	460	8	17	40
D	1	20	210	15	51	49
	2	40	240	11	57	48
	3	80	320	7	78	46
	4	160	380	7	54	48

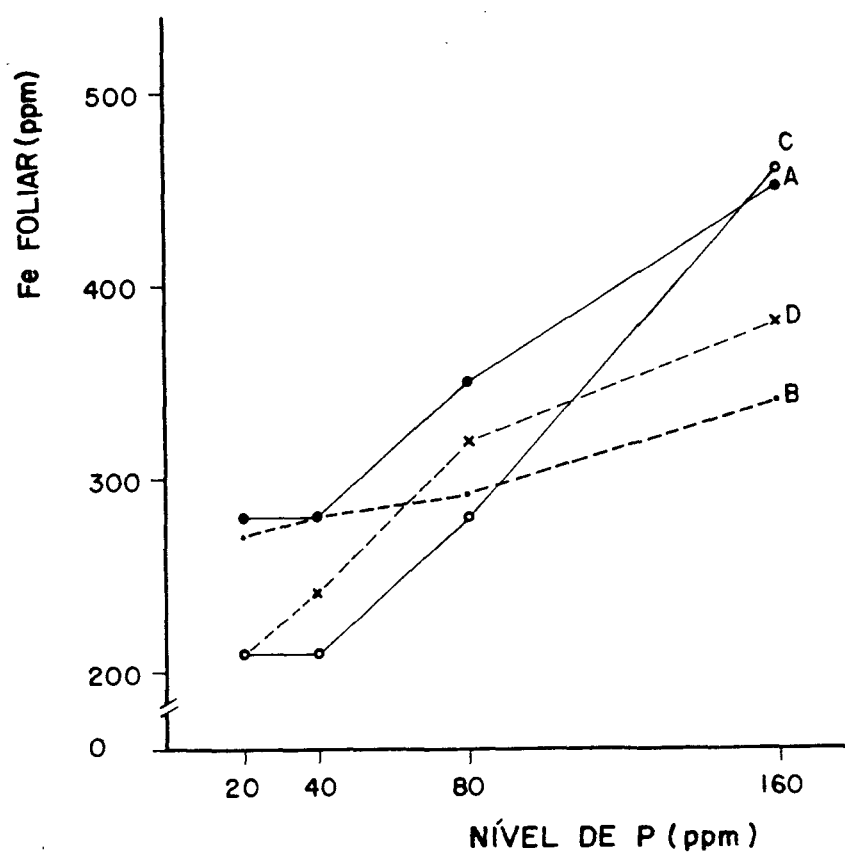


Figura 10. Conteúdo de Fe foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P no substrato. (A, B, C e D = parâmetros)

de Fe nas raízes, e como não se desenvolveu clorose nas folhas, deduz-se que o Fe pode ser mobilizado sem a interferência do P. De acordo com BROWN *et al.*<sup>13</sup> este fato pode ser interpretado como característica da espécie. Outra explicação pode ser dada considerando que as dosagens de P utilizada não foram suficientemente altas para produzirem imobilização do Fe nas condições do presente experimento.

O conteúdo de Cu foliar diminui em função do aumento do P no substrato (Tabela 9 e Figura 11). A indução de deficiência do Cu para muitas espécies devido a altos níveis de P é reportada por OLSEN<sup>53</sup>. No entanto, segundo BINGHAN<sup>10</sup> o aumento do P não deve necessariamente provocar deficiência de Cu, podendo ocorrer apenas um decréscimo na concentração deste elemento, como se observa no presente trabalho.

Segundo FINK<sup>29</sup> para a maioria das espécies o nível de deficiência do Cu está abaixo de 5 ppm. Baseados nesta afirmativa, pode-se considerar que os teores de Cu encontrados no presente experimento estão dentro da faixa de bom suprimento.

Em relação aos elementos Mn e Zn observa-se pela Tabela 9 e Figuras 11 e 12, que o comportamento destes elementos apresentou variações irregulares em função das dosagens crescentes de P. A análise de correlação, para as quatro procedências, indica coeficientes diferentes para o Mn, enquanto que para o Zn, como pode ser visto na Tabela 7, não há correlação.

De acordo com AJAKAIYE<sup>1</sup>, o comportamento do Mn em relação ao suprimento de P, mostra variações para diversas espécies, para o *Sorghum* por exemplo, o conteúdo de Mn parece aumentar com o aumento do nível de P. Esse aumento também foi observado por BINGHAM<sup>10</sup> para plantas de *Phaseolus*. Para HALDAR & MANDAL<sup>36</sup> o teor do Mn diminui com o aumento da dosagem de P para plantas

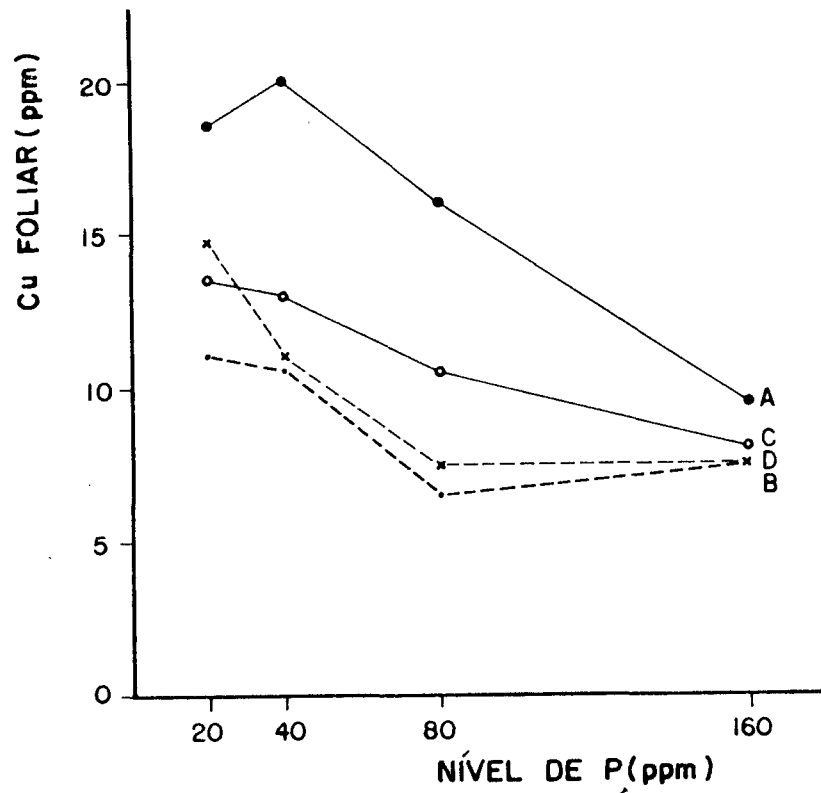


Figura 11. Conteúdo de Cu foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P no substrato. (A, B, C e D = parâmetros)

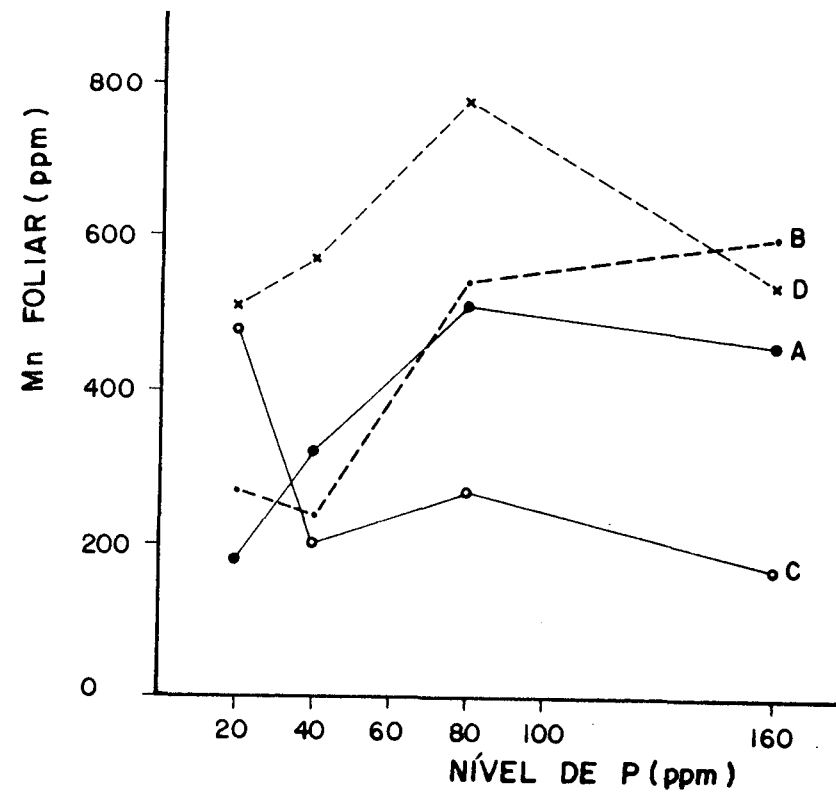


Figura 12. Conteúdo de Zn foliar das 4 procedências de *Cedrela fissilis* em função das diferentes dosagens de P no substrato. (A, B, C e D = parâmetros).

de *Citrus* e *Lycopersicum*. Por outro lado, a sua absorção pelas plantas de *Oriza* é pouco afetada pelo acréscimo de P no substrato.

Os teores médios de Mn encontrados no presente experimento (Tabela 9) estão abaixo dos limites indicados por VAN GOOR\* (citado por MALAVOLTA *et al.*<sup>49</sup>), para *Pinus elliottii*, em plantações do sul do Brasil e do teor de 113 ppm, encontrado para o eucalipto, por HAAG\*\* (citado por MALAVOLTA *et al.*<sup>49</sup>).

Através da Tabela 9 verifica-se que os teores médios de Zn foliar variaram de 34 a 59 ppm. Estes valores situam-se dentro dos limites encontrados por VAN GOOR (citado por MALAVOLTA *et al.*<sup>49</sup>) para *Pinus elliottii*.

A literatura indica que a deficiência de Zn pode ser induzida pela aplicação de altas dosagens de P no substrato (AMBERGER<sup>2</sup>; BURLESON<sup>15</sup>; ELLIS *et al.*<sup>25</sup>; PAULSEN & ROTINI<sup>55</sup> e WATANABE *et al.*<sup>73</sup>). No entanto, STUCKENHOLTZ *et al.*<sup>65</sup> e SINGH & SHARMA<sup>62</sup> observaram que uma maior redução no conteúdo do Zn, pode ocorrer pela aplicação de menores dosagens de P. Por outro lado, BINGHAM<sup>10</sup>, observou que para *Citrus* o aumento do P não mostrou nenhum efeito sobre o conteúdo de Zn foliar sendo esse fato observado para *Zea*, *Triticum*, *Lycopersicum*, respectivamente.

De acordo com WARD *et al.*<sup>70</sup>, parece existir evidência de que quanto maior a porcentagem de saturação de K no solo, menor é o efeito da aplicação do P sobre a utilização do Zn pela planta.

\* VAN GOOR, C.P. 1965. Dpto. Rec. Nat. Renov. (M.A.). Bol. 9.

\*\* HAAG, H.P. *et al.* 1959. Não publicado.



Os dados referentes ao Zn e Mn obtidos no presente trabalho, não permitem chegar a uma explicação plausível para o comportamento desses elementos em função das dosagens de P fornecidas.

#### 4.3 ANÁLISE INTERPRETATIVA GLOBAL SOBRE O COMPORTAMENTO DAS PROCEDÊNCIAS EM RELAÇÃO AO FÓSFORO FORNECIDO E AOS PARÂMETROS ANALISADOS

Os resultados obtidos para os diversos parâmetros, indicaram respostas positivas das plantas em relação às diferentes dosagens de P. Aparentemente, mantendo-se as mesmas condições e aumentando-se a dosagem de P acima dos níveis fornecidos, obter-se-ia um maior desenvolvimento das plantas e um maior teor de P foliar. No entanto, constatou-se que os maiores valores expressos em percentagem de aumento na produção de matéria seca, diâmetro de colo, altura e área foliar foram obtidos entre os tratamentos 2 (40 ppm) e 3 (80 ppm) (Tabela 10). Portanto, sugerindo que a melhor resposta das mudas se deu com a aplicação de 80 ppm de fósforo. Ressalte-se que este resultado foi obtido para as quatro procedências. Estes fatos podem talvez sugerir que maiores acréscimos de P no substrato viessem, a partir de um determinado nível, estabilizar o crescimento das plantas em relação aos parâmetros analisados.

As comparações das percentagens do aumento da matéria seca com as do aumento do P foliar mostraram resultados interessantes (Tabela 10). Para as procedências A e D, a dosagem de P que promoveu a maior percentagem de matéria seca correspondeu àquela, onde a percentagem do conteúdo de P foliar foi maior. Por outro lado, para as procedências B e C, a dosagem

TABELA 10. DIFERENÇAS PERCENTUAIS ENTRE OS VALORES DOS PARÂMETROS EM RELAÇÃO AS DOSAGENS DE P , PARA TODAS AS PROCEDÊNCIAS

PROCEDÊNCIA	DOSAGENS DE FÓSFORO (ppm)	% DE AUMENTO RELATIVO				
		PESO SECO TOTAL	DIÂMETRO DE COLO	ALTURA	ÁREA FOLIAR	P FOLIAR
A	20 - 40	58,1	16,6	8,2	55,3	32,6
	40 - 80	100	22,9	13,3	244,7	94,8
	80 - 160	78,2	20,1	7,0	91,6	75,5
B	20 - 40	103,2	12,8	12,6	189,1	25,0
	40 - 80	117,7	29,8	21,7	256,7	24,1
	80 - 160	83,1	17,0	6,7	86,6	83,0
C	20 - 40	76,2	7,7	11,9	134,2	32,23
	40 - 80	148,5	30,7	16,1	345,6	27,3
	80 - 160	79,0	13,4	9,4	263,0	73,5
D	20 - 40	45,1	9,1	7,8	79,5	13,6
	40 - 80	173,9	31,8	17,5	296,4	69,1
	80 - 160	128,6	18,2	11,1	293,9	52,7

de P que promoveu a maior percentagem de aumento da matéria seca foi aquela cujo aumento no teor de P foliar foi menor. Isto parece indicar que essas duas procedências seriam menos exigentes em P do que as outras, ou mais eficientes na utilização desse elemento para uma maior produção de matéria seca.

É importante salientar que, embora o parâmetro produção de matéria seca tenha sido usado como referência para efeito de comparação, os resultados devem ser estendidos aos demais parâmetros, ou seja, altura, crescimento em diâmetro e área foliar (Tabela 10).

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir:

### 5.1 EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E CONTEÚDO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS

- As dosagens crescentes de P mostraram um aumento significativo sobre altura, área foliar, crescimento em diâmetro e produção total de matéria seca;
- A dosagem com 80 ppm de P promoveu maiores percentagens de aumento em todos os parâmetros analisados;
- A relação raiz/parte aérea diminuiu com o aumento da dosagem de P no substrato;
- O acréscimo do P no substrato resultou num aumento do conteúdo foliar de P, Mg e Fe;
- O conteúdo de N e Ca foi pouco influenciado pelas dosagens crescentes de P;
- O teor de K encontrado foi alto para todas as procedências estudadas;

- As concentrações de K e de Cu diminuíram com o aumento da dosagem de P;
- O Mn e o Zn mostraram-se como variáveis inconsistentes em relação as dosagens de fósforo fornecidas.

## 5.2 EM RELAÇÃO AS PROCEDÊNCIAS

- As procedências diferiram entre si quanto a produção total de matéria seca e crescimento em diâmetro. A procedência C (Santa Cruz do Monte Castelo-PR) foi a que mais se diferenciou apresentando os maiores valores;
- Todas as procedências quando submetidas a dosagem de 80 ppm de P, apresentaram maiores percentagens de aumento relativo para todos os parâmetros analisados;
- A análise estatística não demonstrou interação significativa entre os fatores procedências e tratamentos com diferentes dosagens de fósforo.

## A P P E N D I C E

TABELA 11. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CRESCIMENTO EM ALTURA

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	4	3,14763	0,78691	1,11 ns
A	3	5,03003	1,67668	2,36 ns
Erro A	12	8,52966	0,71080	
B	3	104,76177	34,92059	48,57 **
A B	9	1,85270	0,20586	0,29
Erro B	48	34,50943	0,71895	
Total	79	157,83122		

ns - não significativo

\* - significativo a 5%

\*\* - significativo a 1%

TABELA 12. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIÂMETRO DE COLO

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	4	5,76598	1,44150	8,58 **
A	3	7,35754	2,45251	14,59 **
Erro A	12	2,01689	0,16807	
B	3	93,11187	31,03729	132,87 **
A B	9	0,48706	0,05412	0,23 ns
Erro B	48	11,21269	0,23360	
Total	79	119,95204		

ns - não significativo

\*\* - significativo a 1%



TABELA 13. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA FOLIAR

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	4	13357,32311	3339,33078	7,23**
A	3	4589,26665	1529,75555	3,31ns
Erro A	12	5543,22606	461,93551	
B	3	155619,79819	51873,26606	68,52**
A B	9	4846,09724	538,45525	0,71ns
Erro B	48	36340,58487	757,09552	
Total	79	220296,29612		

ns - não significativo

\*\* - significativo a 1%

TABELA 14. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PESO SECO TOTAL

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	4	2,80049	0,70012	16,29 **
A	3	0,61425	0,20475	4,76 *
Erro A	12	0,51577	0,04298	
B	3	26,16948	8,72316	92,31 **
A B	9	0,61309	0,06812	0,72 ns
Erro B	48	4,53592	0,09450	
Total	79	35,24900		

ns - não significativo

\* - significativo a 5%

\*\* - significativo a 1%

TABELA 15. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PESO SECO AÉREO

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	4	0,71895	0,17974	9,48
A	3	0,19044	0,06348	3,35
Erro A	12	0,22748	0,01896	
B	3	8,96259	2,98753	87,65
A B	9	0,21289	0,02365	0,69
Erro B	48	1,63601	0,03408	
Total	79	11,94837		

TABELA 16. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PESO SECO RADICULAR

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	4	0,58021	0,14505	12,51 **
A	3	0,27987	0,09329	8,05 **
Erro A	12	0,13909	0,01159	
B	3	4,03312	1,34437	80,66 **
A B	9	0,12745	0,01416	0,85 ns
Erro B	48	0,08004	0,01667	
Total	79	5,95978		

ns - não significativo

\*\* - significativo a 1%

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AJAKAIYE, C.O. Effect of phosphorus on growth and iron nutrition of millet and sorghum. Plant Soil, v. 51, p. 551-561, 1979.
- 2 AMBERGER, A. Pflanzenernährung Ökologische und Physiologische Grundlagen. Stuttgart : Ulmer, 1979. 237 p.
- 3 ASHER, C.J. ; LONERAGAN, J.F. Response of plants to phosphate concentration in solution culture: I. Growth and phosphorus content. Soil Sci., v. 103, p. 225-233, 1967.
- 4 AYED, I.A. A study of the mobilization of iron in tomato roots by chelate treatments. Plant Soil, v. 32, p. 18-36, 1970.
- 5 BARBER, S.A. A diffusion and massflow concept of soil nutrient. Soil Sci., v.93, p. 39-40, 1962.
- 6 BACON, C.J. Chemical assessment of planting stock quality. In: IUFRO. Techniques for evaluating planting stock quality. New Zealand, 1979. 40 p.
- 7 BAYENS, J. Nutricion de las plantas de cultivo. Madrid : Lemos, 1974. 631 p.
- 8 BELANGER, R.P. ; BRISCOE, C.R. Effects on irrigation tree seedlings with nutrient solution. Car. For., v. 24, n. 2, p. 87-90, 1963.
- 9 BHATNAGAR, H.P. ; GUPTA, B.B. ; RAUTHAN, B.S. ; JOSHI, D.N. Preliminary studies on the nutritional requirements of teak (*Tectona grandis*). Indian for., v. 95, n. 7, p. 488-495, 1969.
- 10 BINGHAN, F.T. Relations between phosphorus and micronutrients in plants. Soil Sci. Soc. Proc., v. 27, p. 389-391, 1963.
- 11 BLUM, W.E. Ecossistemas florestais. Bol. Téc. SIF, n. 2, 1979. (nº especial).
- 12 BRANDI, R.M. Efeito de N.P.K. no desenvolvimento inicial e na resistência à seca de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. Viçosa, 1977. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.

- 13 BROWN, S.C. **et al.** Internal inactivation of iron in soy-beans as affected by root medium. Soil Sci., v. 87, p. 89-94.
- 14 BUCKMAN, H.O. ; BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. Rio de Janeiro : USAID, 1967. 594 p.
- 15 BURLESON, C.A. ; DACUS, A.D. ; GERARD, C.J. The effect of phosphorus fertilization on the zine nutrition of several irrigated crops. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., v. 25, p. 365-368.
- 16 CANDIDO, J.F. Response of *Eucalyptus citriodora* to fertilization. Purdue, 1969. 68 p. Tese. Mestrado. Faculty Purdue University.
- 17 CARNEIRO, J.G.A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda*, L. para plantio definitivo. Curitiba, 1976. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.
- 18 CARTER, M.C ; LARSEN, H.S. Soil nutrients and Loblolly pine. Xilen sap composition. For. Sci., v. 11, n. 2, 1965.
- 19 DOWNS, R.J. ; HELLMER, S.H. Environment and the experimental control of plant growth. London : Academic Press, 1975.
- 20 DRIESSCHE, R. van den ; WARING, P.F. Nutrient supply, dry matter production and nutrient uptake of forest tree seedlings. Ann. Bot. Lond., v. 30, n. 120, p. 657-72, 1966.
- 21 DRIESSCHE, R. van den. A comparison of growth response of Douglas fir and Stika spruce to different nitrogen, phosphorus e potassium levels in sand culture. Can. J. Bot., v. 46, n. 5, p. 531-537, 1968.
- 22 \_\_\_\_\_. Foliar nutrient concentration differences between provenances of Douglas fir and their significance to foliar analysses interpretation. Can. J. For. Res., v. 3, n. 2, p. 323-328, 1973.
- 23 \_\_\_\_\_. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. Bot. Rev., v. 40, n. 3, p. 347-386, 1974.
- 24 DUMBROFT, E.B. ; MICHEL, B.E. The expression of interionic relationship in *Pinus elliottii*. Plant Physiol., v. 42, p. 1463-1471, 1957.
- 25 ELLIS Jr., R. ; DAVIS, J.F. ; THURLOW, D.L. Zinc availability in calcareous Michigan soils as influenced by phosphorus level and temperature. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., v. 28, p. 83-86, 1964.

- 26 EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1975.
- 27 FASSBENDER, H.W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Costa Rica : Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1980.
- 28 FIEDLER, H.J. ; NEBE, W. ; HOFFMANN, F. Forstliche Pflanzernährung und Düngung. Stuttgart : G. Fischer, 1970.
- 29 FINK, A. Pflanzernährung in Stichworten. Kiel : Ferdinand, 1969.
- 30 FOBER, H. ; GIERTYCH, M. Phosphorus uptake by spence (*Picea abies* (L) Ravst), seedlings of various provenance. Arboretum kórnickie XU 99-114, 1970.
- 31 FORREST, W.C. ; OVINGTON, J.D. Variation in dry weight and mineral nutrient content of *Pinus radiata* progeny. Silv. Gen., v. 20, p. 174-179, 1971.
- 32 FOWELLS, H.A. ; KRAUSS, R.W. The inorganic nutrition of Loblolly pine and Virginia pine with special reference to nitrogen and phosphorus. Forest Sci., v. 5, n. 1, p. 95-112, 1959.
- 33 GERHOLD, H.D. Seasonal variation of chloroplast pigments and nutrients elements in the needles of geographic races of Scotch pine. Silvae Genetic, v. 8, p. 113-123, 1959.
- 34 GIERTYCH, M.M. ; FARRAR, J.L. A provenance study of Jack pine seedlings. Silv. Genetic, v. 11, p. 111-114, 1962.
- 35 GYSI, C. ; WINGET, C.H. ; BERNIER, B. Interactions of P, Mn and Cu in nutrient uptake by sugar maple. Can. J. For. Res., v. 5, n. 1, p. 105-108, 1975.
- 36 HALDAR, M. ; MANDAL, L.N. Effect of phosphorus and zinc on the growth and phosphorus, zinc, copper, iron and manganese nutrition of rice. Plant soil, v. 59, n. 3, p. 415-425, 1981.
- 37 HEWITT, E.J. Sand and water culture methods useal in the study of plant nutrition. Farnham Royal : Commonwealth Agriculture Bureau, 1966. 547 p.
- 38 HILDEBRAND, C. ; BRUM, W.E.H. ; HILDEBRAND, E.E. ; REISSMANN, C.B. Manual de análise química de solos e plantas. Curitiba : Setor de Ciências Agrárias-UFPR, 1976/77.
- 39 HUSSAIN, A.M.M. ; THEAGARAGAN, K.S. Preliminary studies tin the mineral nutrition de *Eucalyptus* híbríd seedlings. Indian for., v. 92, n. 5, 1966.

- 40 INGESTAD, T. Studies on the nutrition of forest tree seedlings. II. Mineral nutrition of Spruce. Physiol. plant, v. 12, p. 568-543, 1959.
- 41 INOUE, M.T. Ensaio de procedência de *Cedrela* em Santo Antonio da Platina, PR. Floresta, v. 4, n. 2, p. 49-57, 1973.
- 42 \_\_\_\_\_. Fundamentos ecofisiológicos para a silvicultura de *Cedrela* spp. Curitiba, 1978. Tese. Professor Titular. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.
- 43 KAUL, O.N. ; SRIVASTAVA, P.B.L. ; MATHUR, H.M. Nutrition studies on *Eucalyptus*. II. N, P, K. requirements of *Eucalyptus* hibrid seedlings. Indian for., v. 92, p. 12, 1966.
- 44 KRAMER, P.J. ; KOZLOWSKI, T.T. Fisiologia das árvores. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.
- 45 LACEY, C.J. ; LEAF, A.L. ; TALM, A.R. Growth and nutrient uptake by flooded gun (*Eucalyptus grandis*) seedlings subject to various phosphorus supplies. Aust. for., v. 30, n. 3, p. 212-222, 1966.
- 46 LONERAGAM, J.F. ; ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. Soil Sci., v. 103, n. 5, 1966.
- 47 LEYTON, L. The relationship between the growth and mineral composition of the foliage of japanese larch (*Larix leptolepis*; Murr). Plant Soil, v. 7, n. 2, p. 167-77, 1956.
- 48 MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo : Ceres, 1980. 250 p.
- 49 \_\_\_\_\_. ; HAAG, H.P. ; MELLO, F.A.F. ; BRASIL SOBRINHO, M.D.C. Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas. São Paulo : Pioneira, 1974. 727 p.
- 50 MCGEE, C.E. A nutritional study of slash pine seedlings grown in sand culture. For. Sci., v. 9, n. 4, p. 461-469, 1963.
- 51 MERGEN, F. & WORRAL, J. Effect of environment and seed source on mineral content of Jack pine seedlings. For. Sci., v. 11, p. 393-400, 1965.
- 52 NEWNHAM, R.M. ; CARLISLE, A. The nitrogen and phosphorus nutrition of seedlings of *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Mattoschka) Liebl. J. Ecol., v. 57, n. 1, p. 271-284, 1969.



- 53 OLSEN, S.R. Micronutrient interactions in micronutrient in agriculture. Madison : Soil Sci. Soc. Am. Inc., 1972. p. 263-64.
- 54 PARVIAINEN, J. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., Curitiba, 1981. Anais. Curitiba : FUPEF, 1981. p. 59-90.
- 55 PAULSEN, G.M. ; ROTINI, O.A. Phosphorus-zinc interaction in two soybean varieties deffleing in sursitivity to phosphorus nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., v. 32, p. 7376, 1968.
- 56 PRITCHETT, W.L. ; GODDARD, R.E. Differencial resposnes of Slash pine progenies lines to some cultural practices. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v. 33, p. 280-284, 1967.
- 57 REDISKE, J.H. ; BIDDULPH, O. The absortion and translocation of Iron. Plant Physiol., v. 28, p. 576-593, 1953.
- 58 REISSMANN, C.B. Variação anual dos nutrientes em Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze., em função da época de amostragem. Curitiba, 1976. 86 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.
- 59 REITZ, R. ; KLEIN, R.M. ; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. Itajaí : Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320 p.
- 60 SAUCHELLI, V. Phosphates in agriculture. New York : Reinhold Publ., 1965. p. 87-112.
- 61 SCHUBERT, G.H. ; ADAMS, R.S. Reforestation practices for conifers in California. Sacramento : Resources Agency, Department of Conservation, Division of Forestry, 1971. 357 p.
- 62 SINGH, R.P. ; SHARMA, V.K. Uptake of phosphorus and its. Retention in different plant parts of *Eucalyptus tereticornis* Smith seedlings. Indian for., v. 104, n. 9, p. 627-630, 1978.
- 63 SIMÕES, J.W. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze cultivada em vaso. Piracicaba, 1972. 101 p. Tese. Livre Docência. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- 64 STEINBECK, K. Site, height, and mineral nutrient content relations of Scoth pine provenances. Silv. gen., v. 15, p. 42-50, 1966.
- 65 STUCKENHOLTZ, D.D. ; OLSEN, R.J. ; GOGAN, G. ; OLSON, R.A. On the mechanism of phosphorus-zinc interaction in corn nutrition. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v. 30, p. 759-763, 1966.

- 66 TABER, H.G. ; McFEE, W.W. Nitrogen influence on phosphorus uptake by *Pinus radiata* seedlings. For. Sci., v. 18, n. 2, p. 126-132, 1972.
- 67 VAN GOOR. The influence of Nitrogen on the growth of japanese larch (*Larix leptolepis*). Plant Soil, v. 5, n. 1, 1953.
- 68 VEGA, C. L. Influencia de la silvicultura sobre el comportamiento de *Cedrela* en Surinam. Bol. IFLAIC, n. 46-48, p. 57-86, 1974.
- 69 WALKER, L.C. ; HATCHER, R.D. Variation in the ability of slash pine progeny group to absorb nutrients. Soil Sci. Soc. Proc., v. 29, p. 616-621, 1965.
- 70 WARD **et al.** Factors responsible for poor response of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization. III. Effects of soil compaction, moisture level and other properties on P-Zn relations. Soil Sci. Soc. Proc., v. 27, p. 326-329, 1963.
71. WARING, H.D. *Pinus radiata* and the nitrogen-phosphorus interaction. Aust. For. Tree Nut. Conf., 1971.
- 72 WARREN, R.G. ; BENZAIN, E. High levels of phosphorus and die back in yellow lupins. Nature, n. 184, 1588.
- 73 WATANABE, F.S. ; LIDSAY, W.L. ; OLSEN, S.R. Nutrient balance involving phosphorus iron and Zn. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v. 29, p. 562-565, 1965.
- 74 ZÖTTL, H.W. Diagnose of nutritional disturbances in forest stands. Paris : Ministere de L'Agriculture, 1973.